ISBN 978-617-8102-06-7

Міністерство освіти і науки України

Національний університет біоресурсів
і природокористування України

Механіко-технологічний факультет

Кафедра сільськогосподарських машин
та системотехніки імені академіка П. М. Василенка

ЗБІРНИК

ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"Сучасні проблеми землеробської механіки"
(17–18 жовтня 2025 року)

присвяченій 125-й річниці з дня народження академіка
Петра Мефодійовича Василенка

Київ – 2025

ББК40.7
УДК 631.17+62-52-631.3
JEL CLASSIFICATION Q 01; D 24; P 42
З 38

Рекомендовано до друку збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 20 листопада 2025 року протокол № 4.

Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–18 жовтня 2025 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2025. 717 с.

ISBN 978-617-8102-06-7

В збірнику тез представлено анотований зміст доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів НУБіП; надійності машин для сільського, лісового і водного господарств та харчових технологій; удосконалення та нові розробки біотехнологічних процесів і технічних засобів.

Організаційний комітет:
Ткачук В.А. - д.е.н., проф., член-кореспондент НААН, ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), ***голова.***
Ніколаєнко С.М. - д.п.н., проф., академік НАПН, академік НААН, президент НУБіП, ***співголова.***
Тонха О.Л. - д.с.-г.н., проф., проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП, ***співголова.***
Братішко В.В. - д.т.н., проф., декан механіко-технологічного факультету НУБіП, ***співголова.***
Войтюк Д.Г. - к.т.н., проф., член-кореспондент НААН, професор кафедри НУБіП, ***співголова.***
Адамчук В.В. - д.т.н., проф., академік НААН, директор ІМА АПВ НААН.
Аулін В.В. - д.т.н., проф., професор кафедри ЦНТУ.
Барановський В.М. - д.т.н., проф., професор кафедри ТНТУ імені Івана Пулюя.
Борак К.В. - д.т.н., проф., заступник директора ЖАТФК.

Бредихін В.В. - д.т.н., проф., декан ДБУ.
Вергунов В.А. - д.с.-г.н., д.і.н., проф., академік НААН, директор ННСГБ НААН.
Гуменюк Ю.О. - к.т.н., доц., завідувач кафедри НУБіП.
Гуцол О.П. - к.т.н., доц., керівник приватного підприємства.
Зубко В.М. - д.т.н., проф., декан СНАУ.
Іванишин В.В. - д.е.н., проф., академік НААН, керівник приватного підприємства.
Іщенко Т.Д. - к.п.н., проф., директор ДУ «НМЦВФПО».
Калетнік Г.М. - д.е.н., проф., академік НААН, президент ВНАУ.
Кірчук Р.В. - к.т.н., проф., декан ЛНТУ.
Кобець А.С. - д.н. з держ. упр., проф., ректор ДДАЕУ.
Ковалишин С.Й. - к.т.н., проф., декан ЛНУВМБ імені С. З. Ґжицького.
Козаченко Л.П. - президент Української аграрної конфедерації.
Кравчук В.І. - д.т.н., проф., академік НААН, директор УМІ АПІ.
Кропівний В.М. - к.т.н., проф., ректор ЦНТУ.
Кульгавий В.Ф. - генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів».
Кюрчев В.М. - д.т.н., проф., член-кореспондент НААН, радник ректора ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
Кюрчев С.В. - д.т.н., проф., ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
Лавріненко О.Т. - к.т.н., доц. кафедри НУБіП, секретар оргкомітету конференції
Лукач В.С. - к.п.н., проф., директор ВП НУБіП «НАТІ».
Марущак П.О. - д.т.н., проф., проректор ТНТУ імені Івана Пулюя.
Мельник В.І. - д.т.н., проф., професор кафедри ДБУ.
Мироненко В.Г. - д.т.н., проф., завідувач відділу ІМА АПВ НААН.
Мороз О.О. - Голова Верховної Ради України двох скликань.
Надикто В.Т. - д.т.н., проф., член-кореспондент НААН, професор кафедри ТДАТУ імені Дмитра Моторного.
Панцир Ю.І. - к.т.н., доц., декан ЗВО «ПДУ».
Пилипака С.Ф. - д.т.н., проф., завідувач кафедри НУБіП України.
Пугач А.М. - д.н. з держ. упр., проф., декан ДДАЕУ.
Пушка О.С. - к.т.н., доц., проректор УНУС.
Ребенко В.І. - к.т.н., доц., доц. кафедри НУБіП.
Роговський І.Л. - д.т.н., проф., декан факультету конструювання та дизайну НУБіП.
Росамаха Ю.О. - к.т.н., доц., директор ВП НДГ НУБіП «Агрономічна дослідна станція».
Ружило З.В. - к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.
Тітова Л.Л. - к.т.н, доц., доцент кафедри НУБіП.
Черновол М.І. - д.т.н., проф., академік НААН, радник ректора ЦНТУ.

Шебанін В.С. - д.т.н., проф., академік НААН, ректор МНАУ.
Шимко Л.С. - к.т.н., доц., доцент кафедри НУБіП.
Henryk Sobczuk - д.т.н., проф., приватний підприємець (Польща).
Wacław Strobel - д.т.н., проф., директор Інституту технологій і наук про життя Національного науково-дослідного інституту у Фалентах (Польща).
Andrzej Marczuk - д.т.н., проф., проректор з питань управління персоналом Природничого університету в Любліні (Польща).
Tomasz Nurek - д.т.н., проф., директор машинобудівного інституту SGGW, Варшава (Польща).
Bogdan Drożdż - д.т.н., проф., декан факультету машинобудування, SGGW, Варшава (Польща).
Eric Veulliet - проф., президент Університету прикладних наук Вайнштефан-Триздорф (Німеччина).
Vija Melbarde - д.т.н., проф., директор департаменту Відземського університету прикладних наук (Латвія).
Virendra K. Vijay - д.т.н., проф., керівник центру Індійського технологічного інституту Делі (Індія).
Marek Różniak - президент компанії MZURI, (Польща)
Ramaswamy C. Anantheswaran - д.т.н., проф. кафедри Пенсільванський університет (США).
Vyacheslav Adamchuk - д.т.н, проф., керівник департаменту університету McGill (Канада).
Yurii Podoliaka - керівник відділу компанії ROPA (Німеччина).
Ahmad Arabkoohsar - керівник проекту TREATY, Технічний університет Данії.

© НУБіП України, 2025

УДК 631. 3:631.17

ВДЯЧНА ПАМ'ЯТЬ КОРИФЕЮ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ В УКРАЇНІ

Войтюк Д.Г.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

17 жовтня 2015 року – знакова подія: вчені в галузі агроінженерії та інших галузей науки, педагоги, конструктори, інженери з механізації і автоматизації аграрного сектора економіки країни, багаточисельна студентська молодь відзначають 125-річчя від дня народження Петра Мефодійовича Василенка – корифея землеробської механіки в Україні, академіка ВАСГНІЛ, академіка УААН, академіка РАСГН, члена-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора кафедри сільськогосподарських машин Національного аграрного університету.

Не доживши до свого сторіччя півтора року (помер 21.04.1999 р.) академік П.М. Василенко відчув на власній долі буремні події XX століття; дві світових війни, громадянську війну, голодомор, тоталітарний режим у своїй країні.

Особистість П.М. Василенка являє собою унікальний феномен: як із звичайного хлопця з бідної селянської родини може сформуватись видатний вчений.

Для цього, як відомо, треба мати в наявності чотири передумови: природні здібності, відповідне виховання, працьовитість і можливість одержати відповідну початкову, середню та вищу освіту. Перші три передумови залежали від природної обдарованості самого Василенка і умов життя та праці в сім'ї батька. Очевидно, ці умови були сприятливі для початкового навчання, що ж до четвертої передумови, то вона носила ймовірний характер, оскільки на неї впливали буремні події того часу (Перша світова війна, революція і громадянська війна).

Однак, не зважаючи на всі складності того часу, жадоба до знань і творчого пошуку, вміння виділити головне в досягненні мети дали змогу йому в 1924 р. закінчити Луганський сільськогосподарський інститут, а в 1929 р. педагогічне відділення Київського сільськогосподарського інституту. При цьому вчена рада інституту рекомендувала його на посаду викладача середньої сільськогосподарської школи (нині технікум), директора або завідувача навчальної частини такої школи. Крім того, вчена рада інституту рекомендувала П.М. Василенка також на зарахування в аспірантуру із спеціальності сільськогосподарське машинознавство. Саме ця рекомендація і була реалізована.

У 1929 р. запалюється наукова зірка П.М. Василенка, коли він вступив до аспірантури кафедри сільськогосподарської механіки при УкрНауці Наркомату УРСР, яку очолював академік К.К. Симінський. Членами цієї самої кафедри були академік Л.П. Крамаренко і П.Ф. Вовк.

Необхідну теоретичну підготовку П.М. Василенко здобув самостійно, а також беручи широку участь у різних науково-методичних семінарах, лекціях, та доповідях, які проводились під керівництвом видатних вчених: академіків М.М. Крилова, К.К. Симінського, Д.О. Граве, М.П. Кравчука, професорів В.І. Можара, А.М. Смогоржевського та ін. На цих семінарах з доповідями виступав і молодий П.М. Василенко якого замітив академік Граве, за представленням якого П.М. Василенко був обраний членом комісії прикладної математики природничо-технічного відділу Всеукраїнської академії наук.

Саме широка ерудиція, набута П.М. Василенком у галузі теоретичних і експериментальних розробок процесів сільськогосподарської техніки, сприяла тому, що після закінчення аспірантури він одержав запрошення на роботу в науково-дослідні інститути та навчальні заклади. Спочатку він був зарахований на посаду завідувача кафедри в Житомирський сільськогосподарський інститут. Керівництво вузу не змогло забезпечити квартирою, і тоді він повернувся в Київ і почав працювати на посаді асистента кафедри сільгоспмашин і технічної механіки в інженерно-економічному інституті.

З осені 1935 р. П.М. Василенко був запрошений на посаду завідувача кафедри сільгоспмашин КІМЕСГ. Якщо не зважати на ті реорганізації, які мали місце, та зміну назв інститутів , то можна сказати, що П.М. Василенко без перерви (крім 1942_1943 рр.) працював на кафедрі сільгоспмашин до останніх днів свого життя (до 1962 р як завідувач кафедри, потім професор кафедри).

В 1937 році П.М. Василенку було присвоєно науковий ступінь кандидата технічних наук, а у 1939 році він був обраний членом-кореспондентом АН УРСР. В 1947 році у Москві Василенко П.М. захистив докторську дисертацію і вчене звання професора йому було присвоєно і 1949 році. На загальних зборах ВАСГНІЛ у 1956 році Василенка П.М. обрано академіком Відділення механізації та електрифікації сільського господарства.

За 70 років плідної науково-педагогічної діяльності П.М. Василенко зробив видатний внесок у розробку наукових основ сільськогосподарської техніки, підготовку і виховання інженерних і наукових кадрів.

Ним підготовлено більше 60 кандидатів і 7 докторів технічних наук, опубліковано більше 200 наукових статей, низку фундаментальних монографій з теорії, розрахунку і проектування сільськогосподарських

машин. Його наукові праці опубліковані в Болгарії, Словаччині, Румунії, Франції, Китаї, цитуються в США.

Про наукову та практичну цінність опублікованих праць П.М. Василенка свідчать багаточисленні посилання на них у вітчизняній та зарубіжній пресі, а також відгуки та рецензії на них видатних учених.

Науковим тріумфом втілення в практику наукових ідей П.М. Василенка стало успішне використання при проектуванні американських керованих космічних апаратів для руху по поверхні місяця праці П.М. Василенка «К теории качения колеса со следом».

В цілому оцінюючи всю багаторічну діяльність академіка П.М. Василенка, той фундаментальний внесок, який він додав у розвиток сільськогосподарської техніки і зокрема, в розвиток таких наукових досягнень, як сільськогосподарське машинознавство та сільськогосподарська механіка, дає підставу вважати його одним х основоположників такої наукової дисципліни, як сільськогосподарська механіка в Україні.

За видатний науковий внесок у розвиток землеробної механіки рішенням Президії ВАСГНІЛ Василенку П.М. 7 грудня 1977 року було присуджено Золоту медаль імені В.П. Горячкіна – найвищу нагороду цієї академії в галузі механізації і електрифікації сільського господарства. Наприкінці XX століття Американський Біографічний Інститут (ABI) підготував книгу «700 біографій найвидатніших людей планети цього століття», чиї персональні наукові розробки, гуманітарні ідеї, або політична діяльність значно вплинули на розвиток світової цивілізації. У цій книзі ім'я академіка Василенка Петра Мефодійовича стоїть поряд з іменами видатних вчених. Як одного з небагатьох «alive legends» (живих легенд) напередодні нового століття вченого за рішенням (ABI) вшанували персональною Золотою Пошани 2-го тисячоліття. На пошану академіка Петра Мефодійовича Василенка видано низку книг про його життя та наукову діяльність, захищено дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидата історичних наук співробітником кафедри Деркачем Олексієм Павловичем.

Поряд з цим дехто з так званих «найближчих учнів» дозволяє собі передрукувати та вставляти правки в наукові статті академіка, фальсифікувати свої наукові стосунки з ним при підготовці так званої докторської дисертації, яку в Україні ніхто не бачив (захишалась в Акціонерному товаристві ВІСГОМ в 1993 році, коли Україна вже була незалежною), втручатись в сімейні справи, даючи дружині прізвище Цвітенко, а насправді Кук, про що повідомив найстарший внук Василенко Олександр Володимирович, який за власною ініціативою відвідав кафедру і передав цінний дарунок – золоту медаль імені В.Н. Горячкіна та інші особисті речі.

Колектив кафедри сільськогосподарських машин свято шанує пам'ять про видатну постать в світовій науці і продовжує його наукові ідеї.

У 1999 році вперше в Україні започатковано новий науковий напрям з розробки механіко-технологічних основ системи точного землеробства сфально сприйнятий академіком Василенком П.М. У 1998 році на кафедрі була заснована проблемна лабораторія «Система точного землеробства» високу оцінку роботи якої дав Президент України Л.Д. Кучма під час відвідання Національного аграрного університету у жовтня 1999 року.

Заслуговують на увагу перспективні дослідження технологічного процесу місцевизначеної сівби двофазним способом заробки насіння, який забезпечує оптимальні умови для росту рослин, що дуже важливо для просапних культур.

Ефективність технологій точного землеробства пов'язана з пошуком новітніх способів внесення технологічних матеріалів, в якості якого запропоновано балістичний спосіб внесення хімічних препаратів.

Зважаючи на світові тенденції розвитку інформаційних технологій в аграрній галузі, виникає необхідність теоретичного і практичного обґрунтування законів новітнього напряму формування та функціонування природних, антропо-природних та культурних екосистем та їх біоценозів на основі інформаційних технологій екології та інформаційних технологій біогеоценології.

Такі дослідження співробітників кафедри спільно з науковцями біологічного профілю та навігаційних систем узагальнені в монографії «Прицезійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України». Важливі дослідження проведені на кафедрі по вивченню впливу електромагнітного випромінювання крайньо високоточного КВЧ-діапазону на біоб'єкти, а також дослідження фізичних механізмів, які лежать в основі резонансного поглинання та інформаційного впливу мікрохвиль на насіння і рослини.

Одним з актуальних та перспективних наукових напрямів досліджень є техніко-технологічне забезпечення виробництва органічної продукції. З цією метою на кафедрі започатковано лабораторію «Техніко-технологічне забезпечення виробництва і застосування мікробіопрепаратів».

Визначено і обгрунтовано конструктивні параметри, розраховано технологічні режими, енергетичні і тягово-зчіпні властивості надлегкого мобільного енергетичного засобу, досліджено динаміку його руху, обгрунтовано конструктивні параметри технологічних модулів до нього із застосуванням методів статистичної динаміки.

Широкий спектр досліджень виконано по обгрунтуванню параметрів і режимів роботи машин для захисту рослин. Розроблено обприскувач польових культур із регульованого дисперсністю крапель та пневматичною системою осадження крапель робочої рідини, а також обприскувач польових культур з автоматичним регулюванням норми внесення, які

пройшли державні приймальні випробування в УкрНДІПВТ імені Леоніда Погорілого.

Розроблено і виготовлено нові стаціонарні універсальні протруювачі безперервної дії інерційно-фракційного типу: ПУН-4 і ПНУ-10 у співпраці з науковцями ІМА НААН України.

В зв'язку з відсутністю власного комбайнобудування в Україні співробітники кафедри у 2010 році виступили з ініціативою створення спільного виробництва з фінською фірмою «Сампо» зернозбирального комбайна на заводі «Точмаш» у м. Переяслав-Хмельницькому. Була створена адаптована до українських умов з допустимим рівнем локалізації модель комбайна зернозбирального самохідного «Сампо-Україна 300», який у 2012 році пройшов державні приймальні випробування і був рекомендований до серійного виробництва.

Важливі дослідження виконані по впливу грунтообробних операцій на процес емісії вуглекислого газу (CO_2), а також на пошук умов його секвестрації в грунті, що сприяє вирішенню проблем парникового ефекту.

На кафедрі багато уваги приділяється дослідженню історії розвитку сільськогосподарської техніки, сільськогосподарського машинобудування, філософії техніки як наукової спадщини видатних українських вчених, бо через тернисту історичну долю нашої Батьківщини віками позбавленої власної державності, імена багатьох її синів і дочок замовчування або не асоціювалися з українською нацією.

Колектив кафедри сільськогосподарських машин усвідомлює свою відповідальність носити ім'я всесвітньо відомого вченого Петра Мефодійовича Василенка, який впродовж усієї наукової діяльності співпрацював з колективом, пізнав радість і натхнення у написанні фундаментальних наукових праць. Ми чітко усвідомлюємо свою відповідальність свято шанувати продовжувати його наукові ідеї і розуміємо, що Україна, як і увесь світ, стоїть на порозі четвертої промислової революції, яка характеризується злиттям технологій і стиранням граней між фізичними, цифровими і біологічними сферами. Вона змусить нас по-новому поглянути на управління як державою, так і освітньою та науковою галузями, навчальними закладами, а також підготовки фахівців для «розумного» виробництва, у якому домінуватимуть інтелектуальні роботизовані системи.

Секція
Стан та перспективи розвитку сучасної землеробської механіки

УДК 631. 3:631.17

ЕНЕРГІЯ, КЛІМАТ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ (ЕКАР) - ПРІОРИТЕТИ ЗА СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ АПВ

Адамчук В.В.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. Подальший розвиток АПВ потребує створення інноваційних технологій виробництва, післязбиральної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції, які реалізовуються на основі новітніх технічних засобів. За розроблення як інноваційних технологій для агропромислового виробництва, так і за створення відповідних технічних засобів необхідно враховувати виклики сьогодення, зокрема: необхідність вирішувати питання мінімізації питомих витрат енергії на виробництво сільськогосподарської продукції, її післязбиральної обробки та зберігання, зменшення обсягів використання викопних палив, адаптації виробництва до зміни клімату, зменшення чисельності працівників, а також збереження довкілля та виведення операторів із робочих місць з підвищеним забрудненням.

Мета досліджень. Обгрунтувати пріоритети за створення нових технічних засобів для АПВ з врахуванням умов сьогодення і на перспективу.

Результати досліджень. Проблеми виробництва енергії та її ефективного використання (Е), створення технічних засобів, придатних для використання у технологіях, адаптованих до зміни клімату (К), зменшення кількості працівників та зменшення навантаження на довкілля шляхом автоматизації робочих процесів (А), виведення операторів із робочих місць з підвищеним забрудненням повітря, завдяки роботизації технологічних операцій (Р), в сучасних умовах потребують негайного розв’язання. Тобто ЕКАР сьогодні повинно бути основним напрямом діяльності інженерної науки та галузі сільськогосподарського машинобудування. Очевидним є те, що, якщо ми не створимо таку техніку, то аграрії будуть імпортувати її із закордону.

ІМА АПВ, як головний Інститут, координує не тільки наукові дослідження з названих проблем, але й веде власні дослідження за відповідними науковими напрямами.

Е: В попередні десятиліття вченими Інституту під керівництвом професора Масла І.П. був виконаний значний обсяг наукових досліджень за напрямами використанням енергії вітру, виробництва біодизеля та ефективного використання енергоносіїв, в тому числі, біоетанолу. Масштабна реалізація цих результатів не відбулася, оскільки вона потребувала відповідної державної підтримки, яка в силу економічних обставин була відсутня.

Зараз в Україні за напрямом виробництва енергії з відновлювальних джерел найбільш потужними є проєкти будівництва заводів для виробництва біометану. Нажаль вони ґрунтуються на здобутках виключно зарубіжної науки та промисловості.

Більшість досліджень наших вчених спрямовані на вирішення проблеми виробництва біомаси для отримання чистої енергії та ефективного використання енергії з метою зменшення питомих енерговитрат на виробництво сільськогосподарської продукції, її післязбиральної обробки та зберігання.

За цим напрямом створено машину МС-4 «Верба» для посадки деревних культур із прутів, а також технічні засоби для садіння та збирання ризом міскантуса на ділянках розмноження.

Вченими НААН науково-методично погоджена можливість використання до 30% незернової частини урожаю польових культур для отримання теплової енергії. Україна має великі врожаї незернової частини соняшника та кукурудзи, які як біомаса мають вагому енергетичну цінність для отримання біопалива на теплові цілі. В Інституті ведуться наукові дослідження щодо вирішення питання збирання незернової частини соняшника та кукурудзи.

К: Однією з основних операцій в технологіях вирощування сільськогосподарських культур є обробіток ґрунту, завдяки чому досягається необхідна щільність, агрегатний стан ґрунту, водно-повітряний режим тощо. Обробіток ґрунту, як технологічна операція, має забезпечити його щільність в посівному шарі у межах 1,0-1,2 г/см^3, а співвідношення агрегатів розміром у межах: 20-5 мм – до 25%, 5,0-0,25 мм – до 60%, менше 0,25 – не більше 15%. Таким чином забезпечується створення сприятливих умов для проростання насіння та розвитку рослин. Збільшення щільності до 1,4-1,5 г/см^3 призводить до погіршення агрегатного стану ґрунту, що негативно впливає на його водопроникності.

В результаті зміни клімату межа зони нестійкого вологозабезпечення істотно змістилась на північ, особливо вагомими стають питання вологонакопичення, вологозбереження, зменшення викидів CO_2 та збереження родючості ґрунту в цілому.

На запаси продуктивної вологи у ґрунті суттєво впливає не лише спосіб його основного обробітку, а й позиційне розміщення в оброблюваному шарі органічної маси побічної продукції попередника, завдяки тому, що зароблення побічної продукції культур сівозміни проявляє вологонакопичувальний ефект.

Вченими НААН розвинуто теоретичні основи та розроблено ефективні системи обробітку ґрунту та їх модифікацій із широким залученням сучасних ґрунтообробних знарядь, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних умов України. Розроблено науково-практичні рекомендації із застосування сучасних систем обробітку ґрунту в зональних агроформуваннях, відповідно до їхньої спеціалізації, технічного та ресурсного забезпечення, рівня фінансової спроможності.

В Україні найбільш широко застосовуються такі системи обробітку ґрунту: традиційна, мінімальна, консервуюча, смугова та нульова, а також диференційована, яка є поєднанням окремих складових названих систем.

Середня продуктивність сівозміни комбінованої технології основного обробітку ґрунту є дещо вищою ніж за традиційної полицевої. Водночас, довготривала мінімізація: різноглибинний плоскорізний, мілкий, а особливо поверхневий дисковий обробітки призводять до істотного зменшення віддачі гектара сівозмінної площі.

Застосування різноглибинного чизельного обробітку сприяє поліпшенню параметрів водно-фізичних властивостей ґрунту на фоні органо-мінеральної системи удобрення: збільшення запасів продуктивної вологи в метровому шарі продовж вегетаційного періоду до 27% та економного її витрачання рослинами, зменшення щільності орного шару ґрунту у порівнянні із традиційним полицевим обробітком. Зумовлює підвищення протиерозійної стійкості ґрунту завдяки формуванню захисного ґрунтово-рослинного прошарку на його поверхні.

В цілому вітчизняні машинобудівні підприємства задовольняють потреби аграріїв в технічних засобах для обробітку ґрунту. Доречно відмітити, що виготовлено та реалізовано АПВ більше 15,2 тис. одиниць сільськогосподарської техніки, яка була розроблена за участю Інституту та забезпечує зменшення питомих енерговитрат до 15 %.

На вибір системи обробітку ґрунту в значній мірі впливають кліматичні умови, від них залежить вологозабезпечення, яке стало найвагомішим фактором отримання запланованої урожайності сільськогосподарських культур.

З огляду на наявні зміни клімату основними трендами, за якими відбуватиметься подальший розвиток систем обробітку ґрунту, буде його мінімізація, у тому числі, відмова від переміщення шарів ґрунту у вертикальній площині в процесі його обробітку, а також покриття поверхні

ґрунту рослинними залишками, що сприятиме подоланню проблем ерозії та підвищенню ефективності управління запасами вологи.

В зв'язку з цим Інститутом були створені типорозмірні ряди технічних засобів для обробітку ґрунту на різну глибину вертикальним способом та для смугового обробітку ґрунту.

Кліматичні зміни кардинально впливають також на строки й технології проведення сівби, що мають забезпечувати оптимальну щільність рослин та мікроклімат в агроценозі. Багаторічними дослідженнями наукових установ мережі НААН встановлено, що строки сівби озимих зернових культур в Україні вже змістилися на 10-15 днів пізніше і цей процес триває й нині. Не менш важлива увага приділяється встановленню оптимальних строків сівби ранніх та пізніх ярих зернових культур, які зміщуються на більш ранні періоди.

У цілому строки посівної кампанії звужуються, що вимагає необхідного технологічного забезпечення для проведення сівби у якнайкоротший термін. Збільшення частоти виникнення нетипових та екстремальних погодних умов зумовлює необхідність гнучкої диференціації способів сівби для оптимізації вологозабезпечення та живлення рослин. Є нагальна потреба у створенні принципово нових за конструкцією загортаючих робочих органів як для насіння, так і туків, які б забезпечували більш ефективне розміщення їх у грунті.

Враховуючи, що зміна клімату призведе до удосконалення сівозмін із введенням в них нових посухостійких сільськогосподарських культур з південних країн, розробники сільськогосподарської техніки повинні враховувати цю обставину в своїх планах створення нових перспективних технічних засобів для АПВ.

А: Автоматизація робочих процесів з використанням техніки як вітчизняного, так і іноземного виробництва широко реалізується вітчизняним АПВ. Наукові дослідження з цього напряму в Україні потребують розширення сегменту робіт та поглиблення їх за суттю. Після утворення ІМА АПВ розроблення наукових засад створення автоматизованих технічних засобів стало пріоритетним напрямом роботи наших вчених. На теперішній час вже проведені відповідні наукові дослідження, за їх результатами створені дослідні зразки технічних засобів, а за окремими напрями виготовлені їх дослідні партії, наприклад: система автоматизованого водіння МТА «автопілот», технічні засоби для адресного внесення мінеральних добрив у ґрунт з осені під ярі культури, автоматизований електропривод висівних апаратів зернової сівалки, автоматизована система прогнозування початку жнив, автоматизована система зернової сушарки, автоматизована система знезараження та очищення повітря тваринницьких приміщень.

Аналізуючи напрями технічного прогресу, з впевненістю можна стверджувати, що в найближчій перспективі повинно відбутись суттєве

зменшення номенклатури наукових досліджень з питань механіки для АПВ, особливо з механізації, а доцільно суттєво збільшити сегмент наукових досліджень за напрямом створення технічних засобів з автоматизованими робочими органами.

Р: Створення та використання роботів у вітчизняному агропромисловому виробництві набуває все ширшого застосування. В більшості це відбувається шляхом використання технічних засобів імпортного виробництва, наприклад: доїльних роботів, технічних засобів для збирання та сортування фруктів, овочів тощо.

На нашу думку, пріоритет зі створення роботів повинен надаватись тим технологічним операціям, де мають місце складні умови для роботи оператора, в тому числі там, де є підвищення рівня забруднення повітря. Тому в ІМА АПВ ведуться на завершальному етапі наукові дослідження зі створення наземного робота обприскувача сільськогосподарських культур.

Висновки.

1. Пріоритетними напрямами за створення нових технічних засобів для АПВ з врахуванням умов сьогодення та на перспективу є виробництво енергії та її ефективне використання, створення технічних засобів, придатних для використання у технологіях, адаптованих до зміни клімату, зменшення кількості працівників та зменшення навантаження на довкілля шляхом автоматизації робочих процесів, виведення операторів із робочих місць з підвищеним забрудненням повітря завдяки роботизації технологічних операцій.

2. Зазначені пріоритетні напрями доцільно враховувати при формуванні плану науково-дослідних робіт, які виконуються за кошти державного бюджету, незалежного від відомчого підпорядкування установ, організацій та підприємств виконавців.

УДК 631.153.3:001.891.54

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Кравчук В.І.
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН
Гуменюк Ю.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Нова еволюційна фаза розвитку світового сільського господарства визначає суттєві принципи цифрових технологій для різних техногенно-природничих комплексів. Зокрема, у резолюції ООН передбачається, що в 2050 році, у ринкових глобалізованих умовах можлива

кількість споживачів прісної, питної води і продуктів харчування перевищить 9,6 млрд. Тому, критерії ООН орієнтують на збільшення виробництва та покращення безпеки продовольчої продукції, яку вироблятимуть 28% ноосферних працівників, які будуть володіти цифровими інформаційно-телекомунікаційними технологіями.

Сьогодні, зважаючи на війну, важко приводити цифри стану і прогнозу розвитку таких технологій в АПК України. Але ми зобов'язані вивчити досвід інших країн, щоб використати його в період післявоєнного відродження.

Аналіз останніх досліджень. Основними причинами більшості проблем на шляху цифровізації та цифрової трансформації агротехнологій [1, 2] є:

1. відсутнє глобальне розуміння суті та мети технологій цифровізації (ТЦ) та цифрової трансформації (ЦТ).

Цьому сприяють:

- неправильне визначення мети, необґрунтоване очікування;
- некоректно сформована команда;
- неефективне використання «дорогих» технологій;
- недостатня наявність необхідних універсальних якостей та професійних навичок для роботи з людьми «soft» та роботи з машинами «hard».

2. Нестача необхідних soft і hard комплектації у ІТ.

3. Низька культура роботи з базою даних (не проробляється політика збирання, накопичення, інвентаризації бази даних та їх джерел, що унеможливлює використання наскрізної аналітику та розвитку рішень на основі штучного інтелекту).

4. Незручність інформаційно-технологічних систем через високі трудозатрати на інтеграцію в єдину інформаційну систему (адаптація персоналу, супроводження, взаємодії систем).

5. Нехватка компетенції в управлінні проєктами, продуктами, змінами, роботі з протидією (опором) персоналу середнього і технічного рівня.

6. Відсутність базової цифрової грамотності у персоналу та віртуалізації (штучного середовища) цифрових звичок (навиків).

7. Культура компанії. Персонал повинен проявляти бажання (зацікавленість) працювати спільно, а не відторгнення або очікування того що «мені повинні» [1 - 3].

Мета досліджень полягає у розробленні методологічних засад цифровізації агротехнологій шляхом системного аналізу чинників, які мають вплив на ефективність впровадження цифрових інформаційно-телекомунікаційних технологій, з урахуванням міжнародного досвіду, викликів післявоєнного відновлення, а також потреби у формуванні нової управлінської, технологічної та корпоративної культури.

Результати досліджень. Аналіз причин виникнення більшості проблем на шляху цифровізації та цифрової трансформації вказує на те, що цифрова трансформація (в АПК і не тільки) – це складна комплексна задача, яка потребує комплексного підходу для її вирішення.

Окрім знання цифри (це перше) повинні бути навики у:

1. галузевому (проєктному) менеджменті (проєкти майбутнього аграрного виробництва у змінних техногенно-природних умовах);
2. технологічному менеджменті (точне землеробство, автоматизація, роботизація);
3. впровадження процесів реінжинірингу компанії, виробництва (розробка нових пропозицій шляхом радикального перепроєктування існуючих процесів);
4. напрацювання внутрішньої культури роботи з мотивацією та супротивом.

З урахуванням наведеного, методологічні основи та принципи цифровізації аграрної сфери слід розглядати і розвивати в структурному комплексі:

1. Менеджмент.
2. Цифровізація.
3. Культура.

У межах глобальної ієрархії дієвого і масштабного розвитку цифрової інформаційно-телекомунікаційної технології АПК існує залежність від чинних законів, регламентів, стандартів, які спрямовують у цьому напрямку сфери секторальної, науково-освітньої, адміністративно-ресурсної та соціально-економічної політики.

Проте, базовим принципом розвитку цифрових інформаційно-телекомунікаційних технологій в усіх галузях людської діяльності є самоорганізація кожного учасника, особи що приймає рішення, яка за допомогою власного автоматизованого робочого місця (АРМ) взаємодіє з іншими експертами поточних завдань на основі мови діалогів, за якою працюють високопродуктивні штучні інтелектуальні роботи.

Висновок. Цифровізація агропромислового комплексу є складним багаторівневим процесом, що потребує не лише технічного впровадження інформаційно-телекомунікаційних технологій, а й глибокого переосмислення управлінських підходів, корпоративної культури та освітньої підготовки персоналу. Успішна цифрова трансформація можлива лише за умови системного поєднання трьох ключових складових: менеджменту, технологічної модернізації та внутрішньої культури взаємодії. В умовах післявоєнного відновлення України особливо важливо враховувати міжнародний досвід, адаптувати його до національних реалій і формувати нову модель аграрного виробництва, здатну ефективно функціонувати в цифровому середовищі.

Список використаних джерел

1. Кравчук В.І., Баранов Г.Л., Комісаренко О.С. Інформатизація агропромислового комплексу із застосуванням розгалужених сервісів: стан і перспективи розвитку //Техніко-технологічні аспекти розвитку і випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2019. – Вип. 24 (38). – С. 202–213. DOI:10.31473/2305-5987-2019-1-24(38)-21.

2. Кравчук В.І., Комісаренко О.С., Баранов Г.Л. Принципи цифровізації інформаційно-телекомунікаційних технологій точного (керованого) землеробства // Збірник тез доповідей XXIV Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». – Київ, 17–19 жовтня 2023 р. – С. 264–267.

3. Schick M., Mersch F. Trends in digital systems and IT – Challenges of the future // Agritechnica Exhibition. – Hanover: DLG, 2019.

УДК 608.3:631.362.28

ВИСОКОЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ТРАНСФОРМАЦІЇ БІОМАСИ У ЦІННЕ ТВЕРДЕ ПАЛИВО

Болтянський Б.В., Болтянський О.Б.
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Братішко В.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Для України енергозбереження є пріоритетом енергетичної й загальнонаціональної політики, яка спрямована на зниження залежності від викопних ресурсів і зменшення емісії викидних газів, стимулює активний розвиток альтернативних джерел енергії, зокрема біопалива.

У той час як ринок твердого біопалива демонструє стабільне зростання, технологія його виробництва ще не досягла максимальної ефективності. Існуючі методи часто стикаються з низкою технологічних і економічних проблем. Найбільш критичними з них є недостатня щільність готових брикетів, а також висока енергоємність самого процесу пресування. Незважаючи на численні дослідження, не до кінця вивчені закономірності впливу ключових технологічних параметрів на кінцеві фізико-механічні та теплотворні властивості брикетів [1].

Тож, актуальними є дослідження процесу брикетування з метою розробки науково-обґрунтованих рекомендацій, які дозволять раціоналізувати технологічні режими, підвищити ефективність

виробництва, покращити якість готового продукту та розширити сировинну базу за рахунок використання різноманітних рослинних відходів.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз останніх досліджень, методів і технологій по виробництву твердого палива з подрібненої рослинної сировини (біомаси) свідчить про нагальну потребу в подальших дослідженнях, спрямованих на зниження енерговитрат і поліпшення якості готового продукту. Наукові роботи останніх років демонструють активний пошук альтернативних джерел сировини для брикетування, що дозволяє диверсифікувати виробництво та утилізувати нові види відходів [1, 2].

На основі аналізу наукових публікацій та патентних матеріалів можна виділити основні напрямки, які перебувають у фокусі уваги світової наукової спільноти. Пріоритетним напрямком є вивчення взаємозв’язку між параметрами пресування та якістю брикетів. Особлива увага приділяється впливу вологості, гранулометричного складу та температури на кінцеві властивості продукції.

Мета досліджень полягає у пошуку високоефективного методу трансформації біомаси у цінне тверде паливо. Завдання включають: аналіз фізико-хімічних механізмів процесу, вивчення впливу ключових параметрів (вологості, тиску, температури) на якість брикетів, визначення оптимальних технологічних режимів, оцінку можливостей розширення сировинної бази та надання практичних рекомендацій для вдосконалення технологій виробництва твердого біопалива.

Результати досліджень. Брикетування біомаси є складним фізико-хімічним процесом, що ґрунтується на пластичній деформації та термопластичній активації лігноцелюлозної сировини під впливом високого тиску і температури. В основі процесу лежить здатність природного полімеру лігніну переходити в термопластичний стан при нагріванні [1-3].

При температурі понад 80°C лігнін розм'якшується, а при подальшому підвищенні тиску і температури він набуває високої пластичності, обволікаючи частинки целюлози і геміцелюлози. Це призводить до формування міжмолекулярних зав’язків і створення монолітної структури брикету, що забезпечує його високу щільність та механічну міцність без застосування синтетичних клеїв [1]. Оптимізація технологічного процесу вимагає точного контролю ключових параметрів. Важливим є показник вологості сировини, оскільки його надлишок призводить до утворення пари, що може спричинити деформацію або руйнування брикету, тоді як недостатня вологість ускладнює розм’якшення лігніну. Раціональній діапазон вологості, як показують численні дослідження, становить 6-10% [1-3].

Методологія дослідження передбачала підготовку сировини, що включала її подрібнення та сушіння до необхідної вологості. Подрібнення проводилося з використанням молоткового млина для отримання фракцій із

середнім розміром частинок від 3 до 8 мм. Така фракція вважається раціональною для пресування, оскільки забезпечує ефективне заповнення об'єму прес-форми і дозволяє частинкам щільно контактувати. Висушена сировина подавалася до лабораторного гідравлічного преса, оснащеного системою контролю тиску та температури, що дозволяло точно фіксувати параметри процесу. Експерименти проводилися за однакового тиску в діапазоні від 145 до 150 МПа та температури матриці від 100 до 110°C. Цей підхід забезпечив стандартизацію умов пресування для виділення впливу саме вологості [3].

Після пресування готові брикети вимірювали за основними показниками якості. Зокрема, дослідження довели, що залежність щільності брикетів за різної вологості має нелінійний характер. Це пояснюється тим, що помірна кількість вологи діє як мастило, полегшуючи переміщення частинок і забезпечуючи їх щільне прилягання, а також сприяє рівномірному розподілу тепла для активації лігніну. Отже, визначення раціонального діапазону вологості є критичним етапом для створення високоякісного та енергоефективного палива.

Висновок. Ґрунтуючись на проведених досліджень процесу брикетування подрібненої рослинної сировини, можна зробити висновок, що ця технологія є високоефективним методом трансформації біомаси у цінне тверде паливо. Встановлено, що ключовим для досягнення оптимальної якості продукції є точний контроль технологічних параметрів, таких як вологість сировини, тиск пресування та температура, оскільки їх взаємозв'язок має нелінійний характер.

Доведено, що природний полімер лігнін відіграє вирішальну роль у формуванні міцної структури брикетів, діючи як термопластичний зв’язуючий елемент. Крім того, застосування інноваційних підходів, зокрема торрефікації, дозволяє значно покращити властивості палива, підвищуючи його енергоємність та водостійкість.

Отже, результати досліджень можуть слугувати науково-обґрунтованою базою для розробки раціональних технологічних режимів, що сприятиме не лише ефективній утилізації відходів, а й зміцненню енергетичної безпеки та розвитку принципів циркулярної економіки держави.

Список використаних джерел

1. Кавітаційне оброблянння лігноцелюлозної біосировини в отриманні біопалив другого покоління: Монографія / [В.В. Братішко, О.О. Тігунова, С.М. Шульга та ін.] Київ: ФОП Білецький Р.Г. 2024. 252 с. ISBN 978-617-8530-14-3. https://doi.org/10.5281/zenodo.15025453.

2. Болтянський Б.В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник / Б. В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

3. А.С. Комар, Б.В. Болтянський. Конструктивно-технологічне вдосконалення вальцевих грануляторів з плоскою матрицею. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-11.

УДК 631.3:631.372

ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Романашенко О.А., Галич І.В.
Державний біотехнологічний університет

Сільське господарство постійно зіштовхується з великою кількістю викликів, які впливають на економічну ефективність та екологічну стійкість виробництва. Також існує постійне питання оптимізації витрат та збереження родючості ґрунтів. Не менш важливим є той факт, що більшість техніки, яка застосовується в аграрному секторі України – є застарілою або імпортного виробництва. Це тягне за собою високу вартість експлуатації, складності з обслуговуванням і залежність від імпорту необхідних запасних частин.

Вітчизняні та зарубіжні фахівці активно досліджують питання технологічного забезпечення аграрного виробництва, однак ця проблема залишається не повністю вивченою, і потребує особливої уваги у зв’язку зі зростанням технологічних вимог до аграрного сектору.

Більшість досліджень підкреслюють переваги автоматизованої техніки для точного землеробства, тому що за допомогою цієї техніки ефективніше використовують ресурси, знижують витрати й зменшують негативний вплив на середовище. Саржанов О. А., Таценко О. В. [1], Пивовар П. В., Шлапак М. А. [2], Петрюк Ю.І. Артюх О.М. [3] обґрунтовують, що інновації в аграрній техніці сприяють не лише збільшенню врожайності, але й загальному зростанню конкурентоспроможності агросектору.

Мета дослідження – провести аналіз вже існуючих технологій та розробки стратегічних напрямів, які сприятимуть підвищенню ефективності та екологічної стійкості землеробства.

Впровадження автоматизації та роботизації в аграрний сектор суттєво вплинуло на ефективність виробництва та зниження витрат. Світовий досвід показує, що автоматизація сільського господарства можлива за допомогою техніко-технологічному прогресу, а саме: нові методи роботи дають змогу використовувати ресурси ощадливіше та отримувати кращі врожаї навіть на

меншій кількості землі [1]. Україна завжди мала потужний аграрний сектор. Але з 2022 року через повномаштабне вторгнення український ринок агротехніки скоротився на 21% [4].

Технічний розвиток сільського господарства забезпечується за допомогою енергоощадних технологій, які дають можливість поєднати операції в одному циклі, зменшити підготовчий період і впровадити модульні агрегати, які виконують різні функції. Зростання точності виконання агротехнічних операцій стало можливим завдяки новим ресурсозберігаючим і екологічно безпечним підходам, що враховують глибину обробки ґрунту, внесення добрив і точність посіву [5]. Після імплементації автоматизації і роботизації на аграрному виробництві спостерігається підвищення продуктивності, зниження виробничих витрат і забезпечення екологічної стійкості.

Виділяють різні причин відставання в технологічному рівні, ось деякі з них:

– застарілий машино-тракторний парк (через що знижується ефективність сільського господарства, зростають витрати на обслуговування техніки і спадають позиції нашої країни на світовому ринку [6]);

– значна кількість сільськогосподарської техніки оновлюється за рахунок імпортних агрегатів (іноземне обладнання потребує висококваліфікованого технічного обслуговування та дорогих запасних частин, що часто призводить до подорожчання його експлуатації;

– нерівномірний розподіл техніки між різними категоріями господарств (великі агропідприємства мають можливість взяти кредит в банках і придбати нову (частіше імпортну) техніку, в той час як, малі господарства частіше користуються старими агрегатами, які не можуть забезпечити високу ефективність виробничих процесів);

– зменшення виробництва власної сільськогосподарської техніки (з 2020 року випуск тракторів почав скорочуватися, а з початком війни деякі технічні гіганти взагалі майже перестали працювати, що також негативно вплинуло на ситуацію).

Отже, Україні необхідне оновлення машинно-тракторного парку, відродження виробництва сільгосптехніки, розробка машин, адаптованих до українських умов, а також підтримка малих господарств є тими кроками, які можуть вивести галузь на новий рівень. Ці зміни не лише знизять залежність від імпортної техніки, але й дадуть поштовх для постійного розвитку сільського господарства України, відкривши нові перспективи для фермерів та забезпечуючи продовольчу безпеку країни [7].

Завдяки інноваційним підходам господарства мають можливість підвищити ефективність своєї роботи. До них входять:

– дрони (завдяки високій мобільності та оснащенню сучасними камерами, вони забезпечують детальний моніторинг, який дає змогу швидко реагувати на будь-які зміни);

– GPS (забезпечує надзвичайно точне позиціонування, що дозволяє фермерам максимально ефективно використовувати кожен квадратний метр поля);

– автоматизація (знижує витрати праці та підвищує ефективність);

– моніторинг (дозволяють отримувати всю необхідну інформацію про стан полів у режимі реального часу – це дає змогу швидко адаптуватися до змін і приймати обґрунтовані рішення);

– супутникові знімки (дозволяючи фермерам отримувати точну інформацію про стан їхніх полів без необхідності фізичної присутності) [8].

Отже, сучасне технічне оснащення аграрних виробництв має високий потенціал. Але на рівні з цим існують і проблеми, такі як: імпортна техніка (потребує постійного доступу до технічного сервісу і дороговартісні запасні частини), застаріле обладнання, зменшення виробництва власної техніки та інше. Одним із шляхів покращення сучасного стану – є розробка власних вітчизняних аналогів техніки, які будуть відповідати нашим умовам (клімату, структурі ґрунтів та інше).

Список використаних джерел

1. Саржанов О.А., Таценко О.В. Підходи щодо обґрунтування технічного забезпечення в сучасних технологіях виробництва сільськогосподарської продукції. Технології XXI століття: збірник тез по матеріалах 21-ої міжнародної наукової конференції, (8-10 вересня 2015 р.). Сумський національний аграрний університет. Суми: СНАУ, 2015. Ч. 1. С. 36-41. URL: http://repo.sau.sumy.ua/handle/123456789/2965 (дата звернення: 5.10.2025).

2. Пивовар П.В., Шлапак М.А. Техніко-технологічне забезпечення діяльності сільськогосподарських підприємств на засадах асоціаційної взаємодії: методичний підхід. Проблеми економіки. 2017. № 4. С. 331-318. URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2017-4_0-pages-311_318.pdf (дата звернення: 5.10.2025).

3. Петрюк Ю.І. Артюх О.М. Інноваційні підходи до землеробства: автоматизація і роботизація машинотракторних агрегатів для оптимізації витрат та збереження ґрунтів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2025. №1(24). С. 348-354. URL: https://doi.org/10.36910/automash. v1i24.1741 (дата звернення: 4.10.2025).

4. Соколов О., Гвоздьова О. Виробництво сільськогосподарської техніки в Україні: сьогодення та потенціал. delo.ua. 2024. URL: https://delo.ua/agro/virobnictvo-silskogospodarskoyi-texniki-v-ukrayini-syogodennya-ta-potencial-429311/ (дата звернення: 4.10.2025).

5. Русан В. Жураковська Л. Аграрний сектор України у 2023 році: складові стійкості, проблеми та перспективні завдання. Національний інститут стратегічних досліджень. 2023. URL: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika-/ahrarnyy-sektor-ukrayiny-u-2023-rotsi (дата звернення: 4.10.2025).

6. Tripti Singh. 3 Important Capital Assets Required in a Farm. URL: https://www.businessmanagementideas.com/farms/3-important-capital-assets-required-in-a-farm/5685 (дата звернення: 5.10.2025).

7. Мирончук І. Made in Ukraine: ТОП-новинок сільгосптехніки від українських виробників. Traktorist.ua. 2024. URL: https://traktorist.ua/articles/made- in-ukraine-top-novinok-silgosptehniki-vid (дата звернення: 5.10.2025).

8. Технології точного землеробства: як вони революціонізують аграрний сектор. Landlord.ua. 2025. URL: https://landlord.ua/agrolife-en/texnologiyi-tochnogo-zemlerobstva-yak-voni-revolyutsionizuyut-agrarnij-sektor (дата звернення: 5.10.2025).

UDC 005.8:504.06

APPLICATION OF PM² IN ENVIRONMENTAL PROJECTS: TOOLS, CHALLENGES, AND PRACTICAL EXAMPLES

Melnyk V.I.
Kherson State Agrarian and Economic University,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The PM² methodology, developed by the European Commission, represents a contemporary project management framework that integrates the structured approach of traditional methodologies, such as PMBOK, with the flexibility of Agile principles (European Commission, 2023). PM² emphasizes transparency, stakeholder collaboration, and adaptability, making it particularly suitable for complex initiatives. In the context of environmental projects, such as ecosystem restoration, waste management, or green energy implementation, PM² provides a systematic approach to achieving sustainable development goals (United Nations, 2015). It encompasses four key phases—initiation, planning, execution, and closure with a focus on artifacts like the Project Charter, Risk Log, and Stakeholder Matrix (European Commission, 2023).

The relevance of PM² for environmental projects is driven by global challenges, including climate change and biodiversity loss. According to the European Environment Agency, over 65% of environmental initiatives in Europe face delays due to unstructured planning and insufficient stakeholder engagement (European Environment Agency, 2024). Within the European Union, projects must comply with stringent regulations, such as Directive 2014/52/EU on

environmental impact assessment (European Union, 2019). In Ukraine, where environmental projects are often funded through EU programs like EU4Environment, PM² facilitates the integration of national legislation, such as the 2017 Law on Environmental Impact Assessment (Ministry of Environmental Protection, 2022). The objective of this paper is to demonstrate how PM² enhances the efficiency of environmental projects by minimizing risks and optimizing resources. The tasks include analyzing the theoretical foundations of PM², reviewing practical case studies, identifying challenges, and formulating recommendations for Ukraine. The paper is structured to provide a logical progression from theory to practice, concluding with insights and future prospects. PM² is not merely a tool but a philosophy that fosters the transition to sustainable development, enabling projects to adapt to dynamic conditions such as climate change or regulatory updates.

Theoretical Foundations of PM² for Environmental Projects.

PM² is grounded in best practices of project management tailored to the European context (European Commission, 2023). Its core components include phases, roles, and artifacts. The initiation phase involves creating the Project Charter, a document that defines objectives, scope, and stakeholders. In environmental projects, this enables clear delineation of environmental impacts, for instance, in land reclamation projects where the Charter includes biodiversity metrics (Krajewska & Nowak, 2022). The planning phase employs the Work Breakdown Structure (WBS) to decompose tasks, the Risk Log to identify risks such as soil contamination, and the Stakeholder Matrix to analyze stakeholders ranging from local communities to regulators (European Commission, 2023).

The execution phase focuses on Monitoring & Control, utilizing tools like the Issue Log to track progress. The closure phase includes the Lessons Learned report, which enhances future projects. PM² defines clear roles: the Project Manager Coordinates activities, the Steering Committee oversees progress, and stakeholders are actively engaged through regular meetings (European Commission, 2023). This distinguishes PM² from PRINCE2, which is more bureaucratic, or pure Agile, which lacks structure for regulatory projects (PRINCE2 Foundation, 2017; Agile Alliance, 2022).

Integration with environmental standards is a key strength of PM². It aligns with ISO 14001, which governs environmental management, enabling the application of PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycles in projects (International Organization for Standardization, 2015). Within the EU Green Deal, PM² supports circular economy objectives, such as waste management, where WBS facilitates recycling supply chain planning (European Union, 2019; Van der Meer, 2024). Technologies enhance PM²: IoT for real-time monitoring (e.g., CO2 sensors in green energy projects), GIS for spatial planning and AI for risk forecasting through machine learning models (Martínez & López, 2023).

The advantages of PM² are evident: according to the European Commission, projects using PM² are completed 30% faster with fewer budget deviations (European Commission, 2023). In environmental contexts, this translates to reduced environmental impact, with optimized resource use lowering emissions by 20–25% (Deloitte, 2023). PM²'s risk management employs the Risk Response Plan; classifying risks by likelihood and impact, with mitigation strategies (avoid, mitigate, and accept). For environmental projects, this is critical, as risks encompass not only financial but also socio-ecological factors, such as community conflicts (Project Management Institute, 2021).

Table 1

Comparison of PM² with Other Methodologies in Environmental Projects

Methodology	Structure	Flexibility	Stakeholder Focus	Benefits for Environmental Projects
PM²	High	Moderate	High	Alignment with EU standards, transparency
PMBOK	High	Low	Moderate	Detailed risk management, less adaptive
Agile	Low	High	High	Fast iterations, lacks structure for regulatory projects
PRINCE2	High	Low	Moderate	Strict control, bureaucratic for dynamic ecosystems

Practical Application of PM² in Environmental Projects.

Practical experience demonstrates PM²'s effectiveness in real-world projects. Three case studies are presented below.

Case Study 1: Land Reclamation in Poland.

A reclamation project for post-mining areas in Silesia (2018–2022) utilized PM² to restore 500 hectares of land (Krajewska & Nowak, 2022). During the initiation phase, the Project Charter outlined objectives: reducing heavy metal contamination by 70% and implementing reforestation. The Stakeholder Matrix identified key players—local communities, the Ministry of Ecology, and NGOs. Planning involved WBS for stages (soil analysis, bioremediation, monitoring) and a Risk Log addressing risks like weather delays, with mitigation plans (contingency budgets) (European Commission, 2023). Execution used IoT sensors for real-time monitoring. The project was completed 15% under budget, with a 40% increase in floral species diversity (Krajewska & Nowak, 2022). This

is relevant for Ukraine's Donbas region, where PM² could coordinate post-conflict reclamation.

Case Study 2: Green Energy in Spain.

A solar farm project in Andalusia (2020–2023) applied PM² to install 100 MW of capacity (Martínez & López, 2023). Initiation involved a Charter targeting an 80,000-tonne annual CO2 reduction. The Stakeholder Matrix ensured collaboration with local farmers and regulators. Planning used WBS for infrastructure (panels, grids) and a Change Management Plan to adapt to updates in the EU Renewable Energy Directive (European Union, 2019). Risks (supply chain, weather) were managed via the Risk Log. Execution included weekly reports and AI for energy output forecasting. The project launched six months ahead of schedule, achieving a 150% ROI (Martínez & López, 2023). In Ukraine, PM² is applicable to solar farms in the Chernobyl Exclusion Zone, where regulatory risks are significant.

Case Study 3: Waste Management in the Netherlands.

A circular economy project in Rotterdam (2019–2024) used PM² for plastic waste recycling (Van der Meer, 2024). Initiation involved a Charter aiming to reduce waste by 70%. The Stakeholder Matrix engaged businesses and municipalities. Planning included WBS for logistics and a Decision Log for rapid decisions (e.g., supplier changes). Monitoring & Control utilized IoT for waste tracking (European Commission, 2023). The project reduced plastic waste by 60% and saved €1.5 million (Van der Meer, 2024). In Ukraine, PM² could optimize waste sorting pilots in Kyiv or Lviv.

Challenges: Lack of PM² expertise, stakeholder resistance, and technological barriers. Solutions: Training programs, EU partnerships (e.g., Horizon Europe, 2024).

Recommendations for Implementing PM² in Ukraine and Global Perspectives.

Adapting PM² in Ukraine requires alignment with national regulations. The 2017 Law on Environmental Impact Assessment can be enhanced with PM² artifacts like the Risk Log for EIA processes (Ministry of Environmental Protection, 2022). Recommendations include developing a national guideline through the Ministry of Environmental Protection using EC PM² templates (European Commission, 2023). Training programs, in collaboration with EU4Environment, should certify project managers. Budget allocation of 5–10% of project costs for PM² implementation is expected to yield returns within one year (Deloitte, 2023).

Stakeholder engagement via the Stakeholder Matrix can coordinate government, NGOs (e.g., Environment-People-Law), and businesses. In the Carpathians, PM² could manage forest restoration projects.

Globally, PM² is becoming a standard for Horizon Europe, targeting climate-neutral cities by 2030 (Horizon Europe, 2024). McKinsey predicts that

PM²-like methodologies will attract $2 trillion in green project investments by 2030 (McKinsey & Company, 2025). Ukraine's potential includes reducing project delays by 25% and attracting €500 million in EU funding for green energy and waste management (Ministry of Environmental Protection, 2022).

Conclusion.

PM² transforms environmental projects by ensuring structure, transparency, and sustainability. It minimizes risks, optimizes resources, and engages stakeholders, contributing to the Sustainable Development Goals (United Nations, 2015). Its benefits include compliance with regulations, economic efficiency, and reduced environmental impact (European Union, 2019). Future prospects involve integrating PM² into Ukraine's national strategies and exploring AI synergies (McKinsey & Company, 2025).

References

1. European Commission. (2023). PM² Project Management Methodology Guide (Version 3.1). Publications Office of the European Union.

2. European Environment Agency. (2024). Environmental project implementation in Europe: Challenges and statistics. EEA Report No. 15/2024.

3. Horizon Europe. (2024). Funding for climate-neutral projects. European Commission.

4. International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems. ISO.

5. Krajewska, A., & Nowak, M. (2022). Reclamation of post-mining areas in Silesia: A case study. Journal of Environmental Management, 310, 114789. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114789

6. Martínez, J., & López, R. (2023). Solar farm development in Andalusia using PM². Renewable Energy, 215, 118945. https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.118945

7. McKinsey & Company. (2025). Global green investments: Trends to 2030. McKinsey Sustainability Insights.

8. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2022). Low-carbon development strategy of Ukraine until 2050. Kyiv: Ministry of Environmental Protection.

9. European Union. (2019). The European Green Deal. COM (2019) 640 final.

10. Project Management Institute. (2021). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) (7th ed.). PMI.

11. PRINCE2 Foundation. (2017). Managing Successful Projects with PRINCE2. AXELOS.

12. Agile Alliance. (2022). Agile Manifesto and Principles. Agile Alliance.

13. United Nations. (2015). Sustainable Development Goals. United Nations Department of Economic and Social Affairs.

14. Van der Meer, L. (2024). Circular economy in waste management: Rotterdam project. Waste Management, 178, 45–56. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.01.012

15. Deloitte. (2023). Project management methodologies in sustainability initiatives. Deloitte Insights.

Проблемна секція «Оранка»

УДК 631.372

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ МЕЗ-330 «АВТОТРАКТОР» НА ОРАНЦІ

Погорілий С.П.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Підвищення річного завантаження енергетичних засобів суттєво впливає на собівартість виконуваних робіт і, відповідно, на кінцеву вартість продукції. Традиційно у сільському господарстві для виконання польових технологічних операцій застосовують трактори, для збирання врожаю — комбайни, а для транспортування — автомобілі. Одним зі шляхів підвищення ефективності використання техніки є поєднання транспортних і тягових операцій в одному мобільному енергетичному засобі (МЕЗ).

Використання тракторів на транспортних операціях вимагає суттєвого ускладнення конструкції — вдосконалення підвіски, трансмісії, гальмівної системи тощо, що значно підвищує їх вартість. Натомість застосування автомобільних шасі підвищеної прохідності для виконання польових технологічних операцій дає можливість вирішити це завдання з меншими витратами.

Найбільш придатним для польових умов є шасі КрАЗ-6322, що серійно виготовляється в Україні. На його основі у результаті спільних робіт ПрАТ «АвтоКрАЗ» та ІМА АПВ НААН створено МЕЗ-330 «Автотрактор» [1].

Мета досліджень. Метою дослідження було визначення основних експлуатаційних показників МЕЗ-330 «Автотрактор» під час виконання технологічної операції оранки плугом Hektor-1000.

Результати досліджень. МЕЗ-330 має масу 11,7 т, потужність двигуна 243 кВт (330 к.с.), колісну формулу 6×6, максимальну швидкість руху 80 км/год. На раму встановлюються ємності з технологічним матеріалом масою 8–10 т, у задній частині — навісний пристрій типу НУ-3, що забезпечує агрегатування з навісними або причіпними сільськогосподарськими машинами. Вал відбору потужності має дві швидкості обертання — 540 і 1000 хв$^{-1}$ [1, 2] (рис.1.).

МЕЗ оснащений системою централізованого регулювання тиску в шинах (0,08–0,15 МПа у полі та 0,35–0,5 МПа на дорогах),

восьмиступеневою механічною коробкою передач, міжмостовими та міжколісними блокованими диференціалами.

Польові дослідження проводились із семикорпусним оборотним плугом Hektor-1000 на стерні після збирання зернових. Глибина обробітку становила 32 см, ширина захвату — 2,8 м [3, 4].

Рис. 1. Орний агрегат МЕЗ-330 + плуг Hektor-1000м

Результати досліджень показали, що під час руху агрегату зі швидкістю 7,5 км/год буксування не перевищувало 15%, продуктивність становила 1,29 га/год, а витрата палива — 25 л/га. Температура охолоджувальної рідини двигуна не перевищувала 90 °С, що свідчить про його стабільний тепловий режим. Результати дослідження орного агрегату МЕЗ-330 + Hektor-1000 представлені у таблиці 1 [5].

Таблиця 1

Результатами досліджень орного агрегату МЕЗ-330 + Hektor-1000

№, передач	Швидкість руху, *км/год*	Буксування, %	Витрата палива, *л/га*	Оберти двигуна, *хв*$^{-1}$	Ширина захвату, *м*	Глибина обробітку, *см*
1 н	5,9	9,5	23,2	2000	2,8	32
2 н	7,3	18	23,5	2000		
1в	7,5	13,1	22,7	2000		

Збільшення передаточного числа коробки передач призводило до зменшення фактичної швидкості руху та зростання буксування агрегату, що вказує на недостатню зчіпну масу дослідного зразка. Отримані результати підтверджують працездатність конструкції та доцільність її застосування для виконання енергоємних операцій основного обробітку ґрунту.

Висновки.

1. Використання МЕЗ-330 «Автотрактор» у польових технологічних процесах дозволяє підвищити річне завантаження машин і зменшити собівартість виконуваних робіт.

2. Орний агрегат МЕЗ-330 + Hektor-1000 за глибини обробітку 32 см, ширини захвату 2,8 м і швидкості руху 7,5 км/год забезпечує буксування не більше 15%, продуктивність 1,29 га/год і витрату палива 25 л/га.

3. Отримані результати свідчать про перспективність подальшого удосконалення конструкції «Автотрактора» для виконання різнопланових технологічних операцій у сільському господарстві.

Список використаних джерел

1. Адамчук В. В., Погорілий С. П. Використання автомобільного шасі для виконання технологічних операцій в агропромисловому виробництві // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture, Vol. 18, № 8. Lublin-Rzeszow, 2016. С. 93–98.

2. Дзоценідзе Т. Д., Левшин А. Г., Євтушенко М. Є., Козловська М. А., Мягков А. Є. Функціональне призначення автомобілів для сільських поселень // Трактори і сільгоспмашини, 2012. № 4. С. 8–11.

3. Шкель А. С., Козловська М. А., Дзоценідзе Т. Д. Дослідження технології внесення рідких органічних добрив транспортно-технологічним агрегатом сільськогосподарського призначення // Трактори і сільгоспмашини, 2016. № 7. С. 47–50.

4. Машина хімізації самохідна МХС-10. Керівництво з експлуатації МХС 00.00.000 РЕ. Мінськ: РУП «Науково-практичний центр НАН Білорусі з механізації сільського господарства», 2010. – 51 с.

5. ДСТУ ГОСТ 7057-2003. Трактори сільськогосподарські. Методи випробувань. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 11 с.

УДК 631.51(251.1)(477.5)

ПОЛИЦЕВИЙ ОБРОБІТОК ГРУНТУ - ЗНАЧЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В СТЕПУ УКРАЇНИ

Цилюрик О.І.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Полицевий обробіток ґрунту в умовах Степу України має історично сформоване значення як радикальний прийом інверсії орного шару, що забезпечує механічне знищення бур’янів, глибоке загортання післяжнивних решток, локалізацію у родючому горизонті органічних і вапняково-гіпсових меліорантів, а також тимчасове розущільнення орного профілю. На чорноземних важкосуглинкових

ґрунтах із періодичним формуванням плужної підошви цей прийом здатний відновити водопроникність і повітряний режим, знизити інфекційне навантаження хворобами, що зосереджуються у поверхневому шарі, та розірвати життєвий цикл багаторічних коренепаросткових бур'янів, де мінімальний чи нульовий обробіток втрачає ефективність.

Водночас для посушливого клімату Степу інверсія орного шару супроводжується підвищеним випаровуванням у безсніжні та вітряні періоди, зменшенням мульчуючого покриву та зростанням ризиків дефляції на легких і вирівняних ділянках, а також більшими енерговитратами і викидами CO_2 порівняно з безполицевими прийомами. Тому в сучасних технологіях його доцільність визначається не як базова, а як селективна: застосування за показаннями, у певні роки, полях і ланках сівозміни, де очікуваний агрономічний ефект переважає вологозберігаючі та енергетичні втрати.

Найбільш обґрунтованими є сценарії періодичного (раз на 4–6 років) полицевого обробітку у ланках з культурою-попередником, що залишає масивну, важкозмішувану пожнивну масу (кукурудза на зерно, соняшник) або накопичує осередки хвороб і шкідників; на полях із плужною підошвою та вторинним ущільненням після інтенсивного колісного навантаження; на солонцюватих і оглеєних плямах у поєднанні з хімічною меліорацією; при спалахах коренепаросткових бур'янів, стійких до гербіцидів. За таких умов інверсія працює як «санітарний» та «реставраційний» прийом системи обробітку.

Необхідність досліджень ефективності полицевої оранки в умовах Степу України зумовлена суперечливим поєднанням її агротехнічних переваг і екологічно-економічних ризиків. З одного боку, інверсія ґрунту сприяє знищенню бур'янів, зниженню інфекційного фону, загортанню післяжнивних решток та поліпшенню водопроникності ущільнених чорноземів, що є важливим для відновлення їхньої продуктивності. З іншого боку, у посушливому кліматі Степу оранка супроводжується підвищеними втратами вологи, інтенсивною мінералізацією гумусу та зростанням витрат енергії. Саме тому дослідження, спрямовані на визначення оптимальної частоти, глибини й умов застосування полицевого обробітку, мають ключове значення для формування адаптивних систем землеробства, які одночасно забезпечуватимуть високу врожайність, збереження родючості ґрунту та економічну доцільність виробництва.

Аналіз останніх досліджень. Перспективи використання полицевого обробітку у Степу полягають у його інтеграції з вологозберігаючими та ґрунтозахисними рішеннями. Першочергово йдеться про залишення частини подрібнених решток у поверхневому шарі («мульчувальний обробіток» з полицями зі щитками чи комбінованими корпусами), застосування кільчасто-шпорових котків для мікромульчі, попереднє

підрізання стерні плоскорізами, а також про негайне закриття вологи після проходу плуга для мінімізації втрат. Важливою є післяпосівна робота з покривними культурами у міжряддях просапних культур, що компенсують зменшення рослинних решток на поверхні та знижують дефляційні ризики [1].

Технологічно доцільними стають комбіновані агрегати «плуг-чизель» або «плуг-щілювач», які при одній заправці створюють вертикально-горизонтальну дренажну систему без повного руйнування грудкуватої структури; диференційоване керування глибиною за картами ущільнення; точне внесення органіки та меліорантів у корпусну борозну з подальшим рівномірним перемішуванням. Такі рішення підвищують агрономічну віддачу інверсії і знижують її енергоємність [2–4].

Системно полицевий обробіток доцільно прив’язувати до ландшафтного підходу. На схилах із потенціалом водної ерозії його слід проводити контурно, з поперечною до схилу орієнтацією корпусів і обов’язковим формуванням мікрорельєфу для акумуляції талих і дощових вод. На рівнинах із ризиком дефляції перевагу віддають мілкій інверсії з максимальним збереженням стерні на поверхні та мінімально можливою кількістю перед- і післяпрохідних операцій [5].

Економічна доцільність у Степу забезпечується за рахунок періодичного застосування плуга під культури, що краще реагують на глибоке розпушення й чисте від бур’янів поле (озима пшениця після кукурудзи, ярі зернові після соняшнику), та через поєднання з органічними добривами, сидеральними парами і вапнуванням/гіпсуванням проблемних ділянок поля. За такого підходу інверсія працює як мультиплікатор ефекту добрив та меліорації, а не як самодостатня операція [6].

Екологічні вимоги передбачають суворе дотримання часових проміжків оранки, щоб уникнути пилоутворення та руйнування структурних агрегатів; підтримання оптимальної частки органічних решток у ґрунті за рахунок повернення соломи з азотним доповненням для компенсації іммобілізації; а також моніторинг CO_2-флюксів і запасів ґрунтової органіки у ґрунтах, аби своєчасно коригувати частоту інверсії [7].

У середньостроковій перспективі роль полицевого обробітку у Степу буде зводитися до функції інструмента «цільового втручання» у диференційованих системах обробітку: переважання мілкого безполицевого та нульового обробітків для збереження вологи і структури з періодичною інверсією за показаннями. Подальший розвиток пов’язаний із точним землеробством, адаптивно-ландшафтним плануванням, застосуванням комбінованих корпусів, енергозберігаючих трансмісій і сенсорного контролю ущільнення для керування глибиною в реальному часі [2, 5].

Мета досліджень. Визначити ефективність системи полицевого обробітку (оранки) поряд із системами мілкого, ґрунтозахисного,

мульчувального обробітків ґрунту і удобрення з використанням післяжнивних решток попередників в умовах північного Степу України.

Результати досліджень. Дослідження виконані в Інституті зернових культур НААН України протягом 2006–2016 рр. в стаціонарному досліді. Встановлено, що полицевий обробіток сприяв відновленню водопроникності чорнозему, покращував агрофізичний стан і зменшував інфекційне навантаження у верхньому шарі. Вміст рухомого фосфору у шарі 0–30 см за оранки був на 13–16 % вищим порівняно з безполицевими системами, а калію – на 6–9 %. Разом з тим у верхньому 0–10-сантиметровому шарі при мінімальних технологіях спостерігалося більше зосередження органічної речовини та нітратного азоту, що покращувало стартове живлення культур.

Для ячменю ярого середня врожайність становила 3,85 т/га, що перевищувало безполицевий обробіток на 0,42 т/га, або на 12,2 %. Урожайність озимої пшениці за полицевої системи у сприятливі за зволоженням роки була вищою на 0,3–0,5 т/га (8–12 %), тоді як у посушливі роки істотних відмінностей із мульчувальними системами не виявлено. При вирощуванні кукурудзи на зерно врожайність становила 5,01–5,73 т/га, що на 0,25–0,37 т/га перевищувало безполицеві системи. Проте через більші енерговитрати рівень рентабельності був нижчим (67–94 %) проти мульчувальних технологій (69–100 %).

У трипільних сівозмінах урожайність за полицевої системи досягала 3,63 т/га при рентабельності 74 %, тоді як мілкий мульчувальний обробіток забезпечував 3,58 т/га та 84 % рентабельності. Це свідчить про те, що полицевий обробіток підвищував абсолютний рівень врожайності, проте за рахунок більших енергетичних і фінансових витрат економічна ефективність його застосування була нижчою.

Дослідження біологічної активності чорнозему показали, що в умовах полицевої системи активність целюлозоруйнівних мікроорганізмів була меншою на 10–12 %, ніж у безполицевих варіантах. Це пояснюється швидшим висиханням поверхневого шару після оранки та меншою концентрацією органіки на поверхні.

Тобто, результати підтверджують, що полицевий обробіток доцільний у сівозміні як періодичний прийом для відновлення фізичного стану ґрунту, боротьби з бур’янами та хворобами, тоді як у довготривалому аспекті мульчувальні й мілкі системи краще забезпечують економічну віддачу та стабільність гумусного стану.

Висновок. Полицевий обробіток у Степу України зберігає високе агротехнічне значення, але його ефективність реалізується не як універсальне рішення, а як частина адаптивної, ресурсозберігаючої та екологічно виваженої системи, де інверсія ґрунту використовується рідше,

проте більш влучно, синхронізовано з потребами культури, станом поля та цілями довготривалої родючості.

Список використаних джерел

1. Гангур, В. В., & Руденко, В. В. (2024). Вплив способів основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах лівобережного Лісостепу України. Scientific Progress & Innovations, 27(1), 36-40.

2. Цилюрик О. І. Сучасні системи мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу : монографія. Одеса : Олді+, 2023. – 344 с.

3. Шевченко, М. С., & Гавриленко, Н. В. (2025). Вплив основного обробітку ґрунту на агрофізичний стан чорнозему в Північному Степу. Аграрні інновації, (31), 149-157.

4. Гаврик, С. В., & Цюк, О. А. (2024). Щільність складення та структурно-агрегатний склад ґрунту залежно від його обробітку. Аграрні інновації, (28), 27-31.

5. Гангур, В. В., Лень, О. І., & Гангур, М. В. (2022). Вплив різних систем обробітку на поживний режим ґрунту під пшеницею озимою та ячменем ярим в зоні Лівобережного Лісостепу України. Scientific Progress & Innovations, (1), 38-44.

6. Кирилюк, В. П. & Кричківський, В. М. (2022). Сучасні адаптивні системи основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму. Аграрні інновації, (13), 72-77.

7. Паламарчук, В. Д., & Підлубний, В. Ф. (2021). Вплив системи основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів соняшнику. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 4 (23). С. 25-35.

УДК 631.3.004

ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ТА ОЦИФРУВАННЯ ДАНИХ, ЯК ФАКТОРИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Мироненко В.Г.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Характерною особливістю для аграрного сектору України є висока енергоємність виробництва продукції - витрата пального на одиницю продукції на 60% більша ніж у розвинутих країнах Європи. Одним із важливих факторів підвищених енергозатрат є необхідність обробітку грунту зі змінною глибиною.

Кількість машин зі змінною глибиною обробітку на ринку постійно зростає. Дослідження проведені фірмами Lemken (Німеччина), Soyl (Англія)

та іншими показують, що обробка зі змінною глибиною дає змогу економити до 20% палива [1].

Значне підвищення ефективності основного обробітку грунту може бути досягнуто за рахунок інтегрального поєднання засобів визначення реальних параметрів грунту на конкретній ділянці поля, формування необхідних баз даних і баз знань з історії даного поля, вибору необхідних параметрів та режимів роботи робочих знарядь. Для цього можна використовувати супутникові дані, грунтові карти поля, дані про витрату пального трактора, тягове зусилля та ґрунтові датчики.

Відомий пристрій для визначення твердості грунту, який містить індектор, механізм переміщення індектора, датчики навантаження та положення індектора (див. патент UA № 49932 МПК G01N 3|42, 2002 р.) [2].

На особливу увагу заслуговує застосування радіофізичних методів, які базуються на ультразвуковому випромінюванні. Наприклад, принцип роботи ультразвукового датчика-перетворювача [3] базується на вимірі проміжку часу з моменту випромінювання ультразвукового імпульсу до моменту його прийому після відбиття від ущільненого шару грунту.

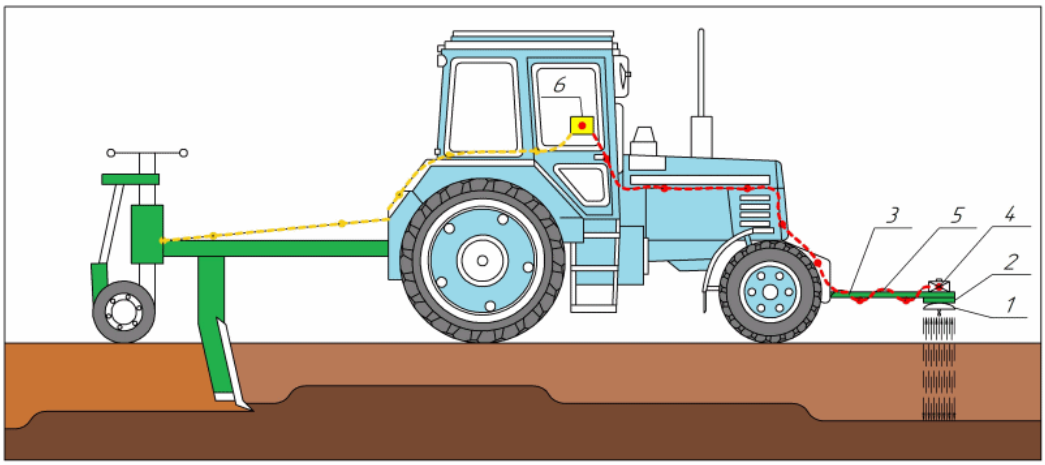


Рис. 1. Схема машинно-тракторного агрегату з автоматизованою системою ґрунторозпушування: 1 – первинний перетворювач глибини залягання плужної підошви; 2 – радіоприймально - передавальний пристрій; 3 – рама пристрою; 4 – датчик визначення твердості грунту; 5 – система кабелів живлення та передачі інформації на блок індикації та керування; 6 – блок обчислень, індикації та керування

Із збільшенням щільності грунту зростає його діелектрична проникність, що визначає швидке відбиття радіохвилі. Інформація з датчика подається на мікроконтролер, який обробляє її за визначеним алгоритмом та видає сигнал на блок індикації, відповідно до якого тракторист збільшує або зменшує глибину ходу грунторозпушувача.

Оцифрування інформаційних даних дозволяє створювати відповідні бази даних і знань, проводити необхідні розрахунки, визначати прогнозні дати і параметри об'єктів, що підлягають обробітку.

Одним із прикладів використання систем глобального позиціонування для дистанційного спостереження за рухомими об'єктами (GPS-канал) в сільськогосподарському виробництві може бути трекер B1 820 TREK, який забезпечує:

- визначення географічних координат, швидкості та напряму руху;
- збір даних, що поступають від зовнішніх пристроїв;
- управління виконавчими пристроями;
- передачі данних в диспетчерський центр.

Іншим інформаційно насиченим напрямком розвитку рослинництва, що забезпечує зменшення негативного впливу на грунт та дозволяє зменшити енергоємність технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур слід вважати колійні та мостові схеми землеробства [4]. Перспективність цього напряму пов'язується з можливістю переходу на автономне енергозабезпечення – електромостове землеробство господарства на основі власних природних і виробничих джерел енергії [5].

Таким чином, оперативний контроль реальних параметрів грунту на конкретній ділянці поля з визначенням їх географічних координат та формування відповідних оцифрованих баз данних і знань створюють передумови забезпечення якісного обробітку грунту зі зменшенням непродуктивних затрат енергії.

Список використаних джерел

1. https://ifarming.ua › obrobitok-zi-zminnoyu-glybynoyu.

2. Пат. № 49932 Україна. Пристрій для визначення твердості грунту. І.П. Масло, В.Г. Мироненко, М.М. Лободко, Н.В. Тютюнник. Опуб. в Бюл. № 10 від 15.10.2002.

3. Патент на корисну модель № 137526 Україна. Мобільний вимірювальний комплекс для безконтактного визначення щільності ґрунту. Б.О. Антипчук, В.Г. Мироненко. Опуб. в Бюл. № 20 від 25.10.19.

4. В.Т. Надикто, В.О. Улексін. Колійна та мостова системи землеробства: монографія. Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2008. - 269 с.

5. Мироненко В.Г., Веремейчик Н.В., Фененко А.І. До методики оцінки надійності автономних електроенергетичних систем господарського рівня. Механіка та автоматика агропромислового виробництва. Вип. № 5(119) - 2024. С. 171-176.

УДК 631.51(31)

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ, ОСОБЛИВОСТІ ТА МОЖЛИВОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ

Артьомов М.П., Пушкаренко О.Ю.
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Прийоми обробітку ґрунту відрізняються між собою ступенем впливу на ґрунт, глибиною, рівнем подрібнення та типом використовуваної техніки. Класичним методом є відвальна оранка, проте зараз все частіше аграрії віддають перевагу більш щадним способам, таким як mini-till, no-till і strip-till.[1]

Перед тим, як орати плугом, необхідно розібратися в тому, для чого це взагалі треба робити. Також не варто забувати, що класична обробка плугом, особливо глибока, значно пошкоджує структуру верхнього шару ґрунту. Тому, якщо полям властиві скупчення талих вод і ерозійні процеси, можливо варто вибрати інший тип обробітку.

Аналіз останніх досліджень. Огляд актуальної наукової літератури та практичних відгуків сільгосптоваровиробників свідчить, що оранка як один із найстаріших методів обробітку ґрунту на сучасному етапі залишається не до кінця вивченим агротехнічним прийомом[2].

Орати плугом землю можна раз чи два на рік – зазвичай навесні та восени. Відмінні результати показує обробка поля перед зимовим сезоном, адже земля зможе правильно насититися вологою, яка надходитиме до неї внаслідок танення снігу та надходження інших опадів[3].

Дослідження у сфері механізації землеробства свідчать, що якість оранки залежить від агротехнічних строків її проведення, конструктивно-технологічних параметрів орного агрегату. Особливе значення має взаємозв’язок між трактором і плугом у горизонтальній та вертикальній площинах проекцій, що безпосередньо впливає на рівномірність обробітку, витрати пального та знос робочих органів. [2, 4].

Мета досліджень є порівняння технологій обробітку грунту, енерговитрат, матеріальних ресурсів та якості підготовки грунту. Необхідно провести якісний аналіз із використанням відомих методів обробітку грунту.

Результати досліджень. Попри ключову роль оранки у формуванні агротехнічних систем різних історичних періодів, сучасний стан вивчення цього процесу характеризується фрагментарністю та відсутністю комплексного підходу. Не до кінця з’ясованими залишаються питання впливу різних способів і глибин оранки на родючість ґрунту, структуру його верхнього шару, вологозабезпечення та біологічну активність. Це зумовлює

необхідність подальших досліджень, спрямованих на уточнення її агроекологічної та економічної ефективності, а також на розробку науково обґрунтованих рекомендацій щодо застосування цього прийому в умовах сучасного землеробства.

Оранка землі необхідна з кількох причин. Вона допомагає боротися з бур'янами, запобігає ущільненню та засоленню ґрунту. Правильно обрана техніка та час допоможе зробити цю процедуру ефективною.

Одним із ключових заходів підвищення родючості орних земель є проведення зяблевої оранки, що традиційно розглядається як базовий елемент агротехнічної системи землеробства. Для її виконання застосовуються плуги, конструкція яких передбачає використання передплужників, що забезпечує більш якісне перевертання та загортання рослинних решток[4]. Проте результати багатьох досліджень підтверджують, що лише проведення оранки не гарантує повноцінної підготовки ґрунту до сівби сільськогосподарських культур.

Тяговий опір ґрунтообробних машин можна уявити функціональною залежністю:

$$P_T = f(a, B, V, H, g), \tag{1}$$

де a – глибина обробітку, м; B – ширина захвату машини, м; V – швидкість агрегату, м/с; H – твердість ґрунту, Па; g – прискорення вільного падіння (земного тяжіння), м/с^2. Параметри формули (1) будуть показниками, що визначають процес руйнування пласта ґрунту. Твердість шару, що обробляється, є параметром фізико-механічних властивостей грунту. При обробці ґрунту виникає переміщення мас (машини та ґрунту), тому необхідно враховувати прискорення земного тяжіння.

У випадках, коли необхідно враховувати окремо витрати енергії на переміщення машини та витрати на технологічний процес, доцільно застосовувати раціональну формулу розрахунку опору знаряддя[5].

$$R_C = f_{\text{ПЛ}} G_{\text{ПЛ}} + k_{\text{ПЛ}} ab + \varepsilon_a b V^2 \tag{2}$$

де $f_{\text{ПЛ}}$ – сумарний коефіцієнт тертя плуга у борозні; $G_{\text{ПЛ}}$ – вага плуга, Н; k – питомий опір ґрунту, Н/м^2; ε – коефіцієнт пропорційності, Нс^2/м^4, $\varepsilon \approx 0{,}1k_{\text{ПЛ}}$; V – швидкість руху плуга, м/с.

Вибір конкретних способів і глибини обробки визначається комплексом чинників, серед яких провідну роль відіграють кліматичні умови, фізико-механічні властивості ґрунту, біологічні особливості вирощуваних культур та рівень засміченості агрофітоценозу[3].

Глибоке розпушування – це обробіток ґрунту без обороту пласта зі збереженням на поверхні поля мульчі: частин кореневої системи та рослинних залишків. Завдяки цьому знижується ризик виникнення ерозії, а також підвищується активність мікроорганізмів, і як наслідок – зростає родючість ділянки та врожайність культури.

Необхідність проведення глибокого розпушування грунту для покрашення агрегатного стану, інфільтраційних властивостей, руйнування ущільненої підорної підошви та реалізації основ грутозахисних та енергоощадних технологій.

Але й практично будь-яке поле має піддаватися глибокому розпушуванню раз на 3–4 роки для поліпшення водного та повітряного режимів ґрунту [6].

Відомо, що поверхня робочого органу глибокорозпушувача є поєднанням двогранного та тригранного клинів, тяговий опір яких залежить від геометричних параметрів цих клинів, від лобового профілю стійки та від фізико-механічних властивостей ґрунту. Опір руху глибокорозпушувача визначається за наступною формулою

$$R_O = R_d + 2R_Л + R_{СТ}, \quad (3)$$

де R_d - тяговий опір долота глибокорозпушувача; $R_Л$ - тяговий опір лемеша глибокорозпушувача; $R_{СТ}$ - тяговий опір стояка глибокорозпушувача.

На практиці оранка і глибоке рихлення не є взаємовиключними методами. Навпаки, їх раціональне чергування та поєднання підвищує ефективність землеробства. Такий підхід сприяє усуненню ущільнених горизонтів, поліпшенню інфільтрації вологи та підвищенню родючості на 10–20%.

Порівняння параметрів оранки та глибокого рихлення наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика технологій обробітку грунту

Критерій	Оранка	Глибоке рихлення
Глибина	20–30 см	35–60 см
Оборот пласта	Так	Ні
Вплив на бур’яни	Високий	Середній
Вплив на вологу	Часткове висушування	Накопичення і збереження
Збереження гумусу	Менше	Більше
Структура ґрунту	Руйнується частково	Зберігається
Придатність	Універсальна	Більш ефективна на важких і пересушених ґрунтах

Оранка більш ефективна у боротьбі з бур’янами, проте спричиняє втрати вологи та руйнує структуру ґрунту. Глибоке рихлення сприяє накопиченню вологи, збереженню гумусу та поліпшенню водно-повітряного режиму, однак потребує значних енергетичних затрат. Таким чином, кожен метод має як переваги, так і недоліки, а їх ефективність визначається конкретними ґрунтово-кліматичними умовами.

Висновок.

Попри широке застосування інноваційних методів, оранка залишається універсальним і технологічно доступним способом основного обробітку, що дозволяє підтримувати належний рівень продуктивності агроценозів. Глибоке рихлення виявляє свою ефективність у специфічних агроекологічних умовах, зокрема в умовах посухи, на ущільнених важких ґрунтах та за потреби збереження вологи.

Реалізація систем ґрунтозахисних та енергоощадних технологій у сучасному рослинництві передбачає впровадження в технологічні процеси операцій глибокого розпушування як альтернативи традиційним методам основного обробітку ґрунту.

Оптимальним є інтегрований підхід, який поєднує елементи традиційної оранки та глибокого розпушування. Така комбінація забезпечує стабільність урожайності, раціональне використання енергетичних і матеріальних ресурсів, а також сприяє довготривалому збереженню родючості ґрунтів.

Список використаних джерел

1. Обробіток грунту: що собою представляє та яке має значення https://blog.agrokebety.com/obrabotka-pochvy

2. Надикто В.Т. Оранка: міфи та реалії. https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html

3. Вольфганг Кат-Петерсен Оптимальна оранка Електронний ресурс https://agro-business.com.ua/agro/idei-trendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html

2. Артьомов М.П. Підвищення стійкості руху орного агрегата при зміні технічних параметрів системи управління: Автореф. дис. канд. техн. наук. 05.05.11. Харків., 2006. 22 с.

5. Булгаков В.М. Агрегатування плугів / В.М. Булгаков, В.І. Кравчук, В.Т. Надикто. К.: Аграрна наука, 2008. 152 с.

6. N. Artiomov, A. Anikeev, A. Kaluzhnij, M.Tsiganenko, O. Pushkarenko Dynamics of deep loosener loading during agrotechnical tillage operations.

УДК 631.247

ЧИСЕЛЬНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН ІЗ ГРУНТОМ

Теслюк Г.В.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Ефективність роботи ґрунтообробних машин значною мірою визначається характером взаємодії їхніх робочих органів із

ґрунтом. Складність процесів різання, деформації, переміщення та розпушування ґрунтового середовища обумовлена його нелінійними реологічними властивостями, а також значною варіативністю фізико-механічних параметрів залежно від вологості, структури, щільності та гранулометричного складу. Традиційні аналітичні або експериментальні методи дослідження взаємодії робочих органів із ґрунтом не забезпечують достатньої точності й універсальності при моделюванні реальних умов роботи машин.

У зв'язку з цим виникає потреба у створенні чисельної моделі, яка дозволить відтворити просторово-часову картину процесів взаємодії робочих органів із ґрунтом, оцінити розподіл напружень, деформацій, швидкостей переміщення частинок та енергетичні витрати. Використання сучасних методів чисельного моделювання, зокрема методу дискретних елементів (DEM), методу скінченних елементів (FEM) або їх поєднання, відкриває можливості для комплексного аналізу роботи ґрунтообробних машин без значних матеріальних витрат на експерименти.

Аналіз останніх досліджень. В роботі [1] зазначається, що для здійснення пошукових робіт у різних зонах не потрібно витрачати кошти на створення нових експериментальних робочих органів. Замість цього, рекомендується проводити дослідження типових робочих органів-аналізаторів. Методика базується на цілеспрямованому доборі параметрів робочих органів за допомогою оптимізації багатофакторного експерименту.

Запропонована методика справді дає змогу загалом виконувати проєктування ґрунтообробних робочих органів за класичними підходами, що застосовуються ще з початку XX століття (зокрема з часів Горячкіна В.В. та Василенка П.М.) [1]. Проте в ній відсутні сучасні інженерні підходи, зокрема методи комп'ютерного моделювання на базі CAD/CAE-систем, використання спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу експериментальних даних та застосування біонічних принципів проєктування.

Тому, спираючись на власному досвіду чисельного моделювання і обробки результатів експериментальних досліджень доповнено методику проєктування ґрунтообробних знарядь, яку будемо називати «Інжиніринг біонічних технічних засобів обробітку ґрунту»

Мета досліджень є розроблення та впровадження методики проєктування ґрунтообробних знарядь на основі чисельного моделювання процесу взаємодії робочих органів із ґрунтом із використанням сучасних методів математичного моделювання.

Результати досліджень. Представлена методика проєктування ґрунтообробних знарядь містить 5 блоків: технологічні вимоги, біонічні принципи проєктування, чисельне моделювання, експериментальні дослідження, виробничі випробування. Блок «Технологічні вимоги»

визначає вхідні дані для проведення проєктування, а саме агрофізичні і реологічні властивості грунту, які залежать від його типу, складу і вологості, та технології обробітку ґрунту.

Рис. 1. Методика проєктування ґрунтообробних знарядь

Блок «Чисельного моделювання» міститись: 3D-модель біонічних робочих органів ґрунтообробних машин (CAD), чисельна модель їх взаємодії із ґрунтом (CAE), отриманні закономірності процесу цієї взаємодії, визначенні діапазони конструктивно-технологічних параметрів робочих органів.

Водночас побудова механіко-математичної моделі взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом та визначення оптимальних параметрів здійснюються за допомогою сучасних інженерних програм, зокрема Wolfram Cloud. «Виробничі випробування» також має традиційну структуру, проте під час досліджень застосовуються сучасні вимірювальні системи, які базуються на GPS-трекінгу, тензометричних методах та інших сучасних технологіях.

Проведено моделювання і огляд процесу взаємодії найпоширеніших ґрунтообробних робочих органів (стрілчата лапа культиватора, дискова борона на пружній стійці, глибокорозпушувач (чизельний плуг), відвальний плуг і гладкий коток) із ґрунтом використовуючи можливості Simcenter STAR-CCM+ методами об’ємної рідини (VOF) і дискретних елементів (DEM). У процесі створення моделі використані основні фізико-механічні властивості ґрунту (щільність, коефіцієнт Пуассона, модуль пружності

Юнга, коефіцієнт тертя спокою між частинками ґрунту, нормальний і дотичний коефіцієнти відновлення, множник лінійного зчеплення, робота когезії, коефіцієнт тертя спокою частинок ґрунту о поверхню робочого органу, фракційний склад ґрунту). Для підвищення точності моделі ґрунту різних типів необхідно провести додаткові лабораторні дослідження з визначення їх властивостей та зіставити їх із параметрами, які вказуються в Simcenter STAR-CCM+.

Висновки. Моделювання процесу взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом в Simcenter STAR-CCM+ дає можливості наочно візуалізувати його, визначити розподіли швидкостей частинок ґрунту при моделюванні методом DEM і непервинного потоку ґрунту відносно робочого органу при моделюванні методом VOF. Окрім цього є можливість визначати розподіли сили взаємодії частинок ґрунту за методом DEM, тиску на поверхні робочого органу за методом VOF, висоти сформованих гребнів і глибини борозн та їх розташування у просторі. Загалом, обидва методи DEM і VOF можуть бути корисними для моделювання взаємодії ґрунтообробного робочого органу з ґрунтом в Simcenter STAR-CCM+, залежно від конкретної ситуації та задачі, яку необхідно вирішити. Вони доповнюють один одного і створюють загальну картину фізики процесу взаємодії ґрунтообробного робочого органу із ґрунтом. Метою подальших досліджень є досягнення оптимального за щільністю стану ґрунту, забезпечивши в ньому мінімальні нормальні напруження та рівномірні деформації в усіх напрямках за допомогою робочого органу ґрунтообробного знаряддя.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Вергунов В. А., Мудрук О. С., Деркач О. П. (2005). Наукова школа академіка Василенка Петра Мефодійовича: Монографія. К.: Аграр. освіта. 72 с.

УДК 631.317.4

СПОСІБ ПІСЛЯЖНИВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Семен Я.В., Крупич О.М., Семен О.Я.
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького
Крупич С.О.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Серед відомих механізованих способів і технологій післяжнивного обробітку ґрунту, особливо після збирання грубостеблових культур (кукурудзи, соняшнику) та капусти, коренева система якої доволі

розвинена, а сам стрижень містить багато хвороб найефективнішим є поверхневий обробіток, який передбачає подрібнення післяжнивних решток з частковим їх зароблянням у верхні шари. Для його виконання застосовують переважно важкі дискові борони або лущильники. Через порівняно невелику глибину заробляння післяжнивних решток робочими органами вказаних знарядь у верхньому шарі грунту можуть спостерігатися негативні прояви впливу на довкілля через зниження родючості, появу ерозійних процесів й деградацію грунтів.Післяжнивний обробіток полів із залишками грубостеблових культур дисковими робочими органами слід проводити в два сліди, здійснюючи повторне дискування чи лущення поперек попереднього сліду. При цьому значно зростають енергетичні та матеріально-грошові затрати, а ходові системи енергетичних засобів спричиняють надмірну дію на ґрунт, ущільнюючи його [1, 2].

Відомі технології нульового чи мінімального обробітків грунту передбачають часткове подрібнення незернової частини врожаю безпосередньо робочими органами збиральних машин (комбайнів) з одночасним розподілом їх на поверхні поля. Це частково облегшує наступне їх заробляння під час обробітку ґрунту важкими дисковими боронами, лущильниками чи дисковими плугами. На таких полях можна проводити культивацію з одночасним боронуванням для створення належної структури грунту й знищення бур'янів або одразу сіяти озимі культури спеціальними сівалками [3].

Останніми роками післяжнивний обробіток полів, засмічених рештками грубостеблових культур проводять машинами з активними ножеподібними роторами, що мають вертикальну вісь обертання. Вони відрізняються високим ступенем подрібнення та заробляння решток у верхньому шарі на глибину до 6 см. Подальший обробіток передбачає дискування або оранку на глибину до 25 см. Якщо оранку не проводять, то раз на три-пять років необхідно проводити глибокий обробіток грунту чизельними плугами, чизельними культиваторами або культиваторами-плоскорізами [1].

У відомому способі обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур послідовно виконуються такі окремі процеси дії робочих органів комбінованої машини на рослинні рештки та ґрунт: перерізання довгих і грубих рослинних решток з наступним їх розподілом по рядках з прикореневими рештками зібраних рослин, ущільнення, притискання до ґрунту, орієнтування та подрібнення з перемішуванням із ґрунтом та остаточне вирівнювання і шлейфування обробленої поверхні агрофону[4].

Його недоліками є незначна глибина обробітку, через що повітряно-водний режим нижніх шарів грунту не відрегульовано; переважний обробіток з подрібненням здійснюється у зоні рядків, а тому міжряддя залишаються необробленими і ущільненими ходовими системами збиральних машин, що потребує додаткових операцій для їх обробітку;

якість подрібнення кореневищ зібраних рослин є порівняно низькою через накопичення поверх них рослинних решток, згорнених з міжрядь; глибина обробітку нерівномірна за шириною захвату машини; післяжнивні рослинні рештки заробляються в ґрунт смугами, що робить оброблений агрофон неоднорідним.

Відомий також спосіб обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур, що полягає у попередньому подрібненні рослинних решток-стебел, які мають довжину понад 5 см, після чого їх заробляють, розподіляючи пошарово у ґрунті на глибину понад 10 см, коткують оброблений ґрунт та вирівнюють поверхню поля [5].

Йому притаманні такі ж недоліки, що й у вищенаведеному способі.

Очевидно, що вирішення актуальної проблеми післяжнивного обробітку ґрунту,особливо після збирання грубостеблових культур, можливе завдяки виконанню комбінованим агрегатом таких послідовних процесів (рис. 1): глибоке розпушування та руйнування грунту;перерізання, розривання післяжнивних решток та кореневищ грубостеблових культур і їх заробляння в ґрунт; розбивання великих грудок землі й остаточного руйнування їх зв’язків з кореневищами зібраних рослин; створення дрібногрудкуватої структури верхнього шару ґрунту з одночасним вирівнюванням обробленої поверхні поля.

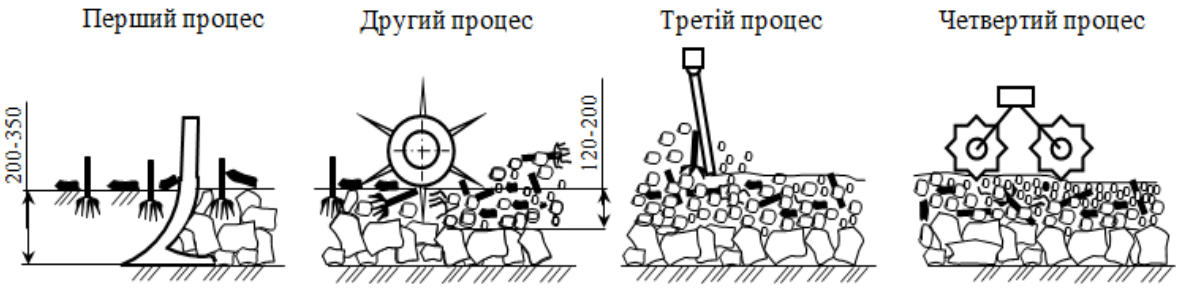


Рис. 1. Схема реалізації запропонованого способу обробітку ґрунту.

Перший процес забезпечує глибоке (200-350 мм) розпушування й кришіння ґрунту, усунення надмірних його ущільнень від дії ходових систем збиральних машин, проникнення вологи у нижні шари ґрунту і її вирівнювання в обробленому горизонті, часткове руйнування зв’язків кореневищ зібраних рослин із ґрунтовим середовищем.

Другий процес передбачає перерізання, розривання післяжнивних решток та кореневищ грубостеблових культур, подрібнення ґрунту з їх взаємним перемішуванням і частковим зароблянням в ґрунт на глибину 120-200 мм.

Третій процес забезпечує розбивання великих грудок землі й остаточне руйнування їх зв’язків з кореневищами наперед зібраних рослин,

взаємний рівномірний розподіл подрібнених рослинних решток і дрібних грудочок у верхньому шарі обробленого поля.

Четвертий процес створює дрібногрудкувату структуру верхнього шару ґрунту з одночасним вирівнюванням обробленої поверхні поля.

Таким чином, після реалізації запропонованого способу обробітку грунту підвищиться імовірність взаємного рівномірного розподілу подрібнених рослинних решток і дрібних грудочок у верхньому шарі обробленого поля, створяться сприятливі умови для мінералізації органічної маси та утворення якісного мульчуючого шару на поверхні ґрунту з одночасним його вирівнюванням.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарськімашини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.

2. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарськімашини. Основитеорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вищаосвіта, 2005. 464 с.

3. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Іващук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 3-є вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.

4. Спосіб обробітку поля, засміченого рослинними залишками грубостеблових культур, з вдосконаленням процесу вирівнювання ґрунту:пат. 150906 Україна: МПК А01В 33/00, А01В 79/00. № *u* 202106917; заявл. 03.12.21, опубл. 04.05.22. Бюл. №18/2022. 4 с.

5. Спосіб обробітку ґрунту після збирання грубостеблових культур:пат. 148979 Україна: МПК А01В 79/00. № *u* 202102633; заявл. 20.05.21, опубл. 05.10.21. Бюл. №40/2021. 4 с.

УДК *631.356*.4

ОСОБЛИВОСТІ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СИСТЕМІ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Горіславський Б.В., Мартишко В.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Сучасне землеробство це доволі складний і трудомісткий процес, який передбачає використання різноманітних систем обробітку ґрунту, основними з яких є традиційна, мінімальна, нульова (No-till) та смугова (Strip-till) системи обробітку ґрунту (рис. 1)

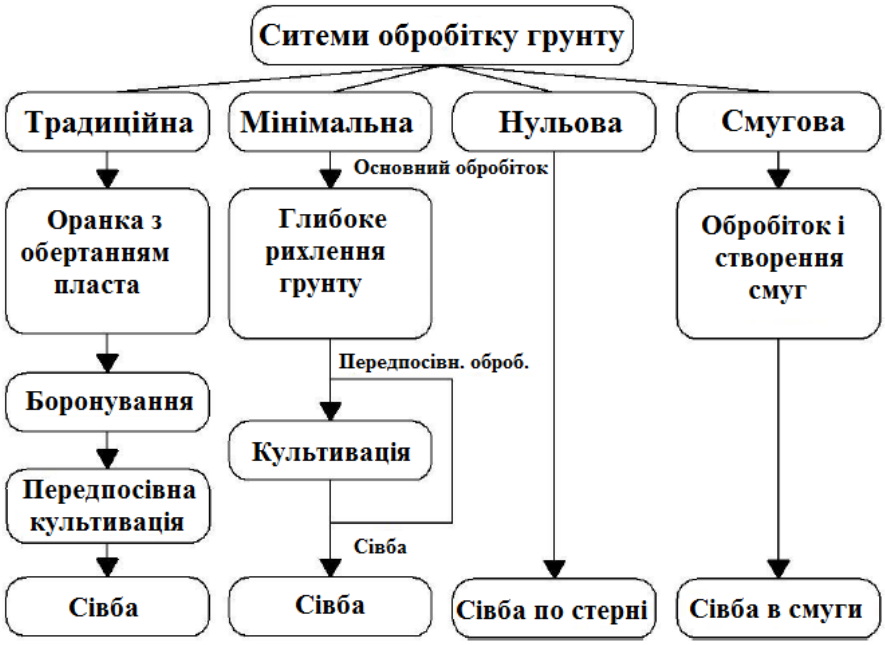


Рис. 1. Системи обробітку ґрунту.

Традиційна система містить у собі кілька етапів обробітку ґрунту: відвальну оранку плугом з оборотом пласта, боронування, передпосівну культивацію та сівбу. Традиційна технологія є однією з найбільш енерговитратних, потребує використання великої кількості сільськогосподарських знарядь, таких-як: лемішних, відвальних, дискових плугів; зубових і пружинних борін; парового культиватора; сівалок із дисковими сошниками.

Мінімальна система передбачає проведення таких операцій, як глибоке розпушування без обертання пласта, культивацію та посів. Це значно менш енерговитратна технологія і вимагає використання меншої кількості знарядь порівняно з традиційною технологією, таких-як: чизельний плуг, чизельний культиватор, глибокорозпушувач, плоскоріз, щілиноутворювач; важкий культиватор дискатор; сівалки з лаповими сошниками.

Нульова (No-till) технологія являє собою проведення прямого посіву за один прохід за допомогою стерньової сівалки з анкерними сошниками, без використання інших знарядь, можливий варіант одночасного внесення мінеральних добрив.

Аналіз останніх досліджень. Технологія смугового обробітку ґрунту, на відміну від нульового, передбачає формування смуг, на яких здійснюватимуть подальший обробіток ґрунту під сівбу. З погляду підвищення врожайності, технологія Strip-till ефективніша порівняно з технологією No-till за рахунок додаткових операцій, які проводять в оброблюваних смугах, що сприяє підвищенню врожайності на 25% і економії коштів та мінеральні добрива до 50% [2]. Для обробітку ґрунту

використовують спеціальні причіпні або начіпні культиватори [3]. На сьогоднішній день технологія смугового обробітку ґрунту Strip-Till містить у собі великий потенціал, і вже активно застосовується в передових господарствах США, Канади, Аргентини, Німеччини та інших країн. За допомогою технологія Strip-Till можна розв'язати проблем, такі проблеми, як наявність короткого вегетаційного періоду, велику кількість бур'янів, а також низьку врожайність. Частіше технологія смугового обробітку ґрунту застосування в цих країнах використовують при вирощуванні кукурудзи.

Рис. 2. Застосування технології Strip-till.

Суть технології Strip-till полягає у обробітку ґрунту, удобрення і сівби основної культура у смуги, а простір між смугами залишається необробленим, що дозволяє зберегти вологу, зменшити ерозію, витрати на паливо й затрати на техніку. Особливу роль в технологічному ланцюгу Strip-till відіграють спеціальні сільськогосподарські машини і пристрої. Наявність на машино-тракторних агрегатах навігаційних і допоміжних пристроїв дозволяє точно проводити висів і подальший догляд за культурами.

Під час стрічкового розпушування приблизно дві третини всього поля залишається без змін. Така система дозволяє скоротити витрати на обробіток ґрунту у 2–3 рази [4]. Застосовується в основному під просапні культури (кукурудзу, соняшник, буряк), а також під ріпак і сою. Важливою перевагою цієї технології є те, що разом з розпушуванням, існує можливість одночасного внесення добрив (у тому числі різних) на глибину 12–30 см на двох рівнях: перший рівень досягнення рослиною через 15, а другий – через 45 днів росту . Завдяки цьому рослина отримує підживлення в особливо необхідні етапи: період активного росту і формування урожаю. Як результат – розвивається потужна коренева система та здатність до кращого пристосування до умов вирощування.

Результати досліджень.

Технологічні переваги. Смуговий обробіток дозволяє живильним речовинам ґрунту краще адаптуватися до потреб рослин, не контактуючі з ґрунтом між рядами. Крім того, коли застосовують рідкі добрива, вони

будуть внесені безпосередньо в рядки, зменшуючи витрату добрив. Важливою перевагою цієї технології є те, що із доглядом за рослинами одночасно можна вносити добрива на глибину 20–30 см. Завдяки такій агрономічній операції рослина може одержувати підживлення у період активного росту.

Однією з переваг технології Strip-till є ефект швидкого прогрівання ґрунту. Його температура в обробленій смужці завжди вища на 1–3 °С порівняно з ґрунтом, вкритим пожнивними рештками – що є важливим фактором для швидшого проростання насіння. Порівняно з технологією No-till таке прогрівання створює велику перевагу для забезпечення розвитку кореневої системи на ранній стадії вегетації.

Strip-till підвищує вміст вологи в ґрунті шляхом обмеження її випаровування та підвищення інфільтрації під час опадів. Для українських фермерів збільшення вологи в ґрунті прирівнюється до підвищення, а інколи й до виживання врожаю.

Економічні переваги. Скорочення кількості передпосівних проходів до 1 або 2. Зменшення кількості енергетичних засобів. Зменшення витрати пального до 70% в порівнянні з традиційною технологією, оскільки розпушується не більше як 30% площі [5]. (вирощування просапних культур). Зменшення до 30% кількості внесення добрив за рахунок більш точного і ближчого розміщення до кореня. Скорочення трудових затрат та подовження строку служби техніки.

Висновки. В Україні широко застосовують різні системи обробітку ґрунту, і кожна з них має свої сильні і слабкі сторони. Технологія Strip-till поєднує переваги кожної з систем і набуває все більшої актуальності для вирощування просапних культур.

Список використаних джерел

1. Голуб Г. А., Дворник А. В. Обґрунтування показників якості та агрономічних вимог до смугового обробітку ґрунту. Наукові горизонти. 2018. № 12 (73). С. 37–44.

2.Томашівський З.М. Системи обробітку ґрунту в Україні та світі // Актуальні проблеми ґрунтознавства, землеробства та агрохімії: Львів, 2014.– С. 156–160.

3. Шустік Л., Нілова Н. – Смуговий обробіток грунту – важливий агротехнічний прийом вологозбереження. Зб.наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого, Дослідницьке, 2018.- Вип 23(37). С 158-168.

4. http://www.orthmanag.com.

5. http://www.carrotech.co.za.

6. http://bighamag.com

Секція
Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для рослинництва

УДК 004.925.8

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ БОРОЗНИ КЛИНОПОДІБНИМ ДИСКОМ

Волоха М.П., Воробйов О.М.
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Постановка проблеми. Якості виконання технологічного процесу сівби сільськогосподарських культур приділяється особлива увага, оскільки від неї залежить схожість висіяного насіння, трудомісткість догляду за посівами, а головне, кінцевий результат - урожайність. Встановлено, що, для забезпечення найбільш сприятливих умов для проростання, насіння слід укладати в борозну з ущільненим дном і засипати пухким ґрунтом. Ущільнення дна борозни зумовлює приплив вологи та поживних речовин до насіння знизу, що підвищує його проростання та схожість, а пухкий верхній шар над насінням у борозні запобігає випаровуванню і забезпечує доступ повітря до паростків, що також сприятливо впливає на їхній ріст та розвиток [1, 2].

Натомість за умови прямої сівби при нульовому обробітку грунту, коли пожнивні рештки залишаються на поверхні, як дискові, так і анкерні сошники, що працюють вирізаючи грунт, не здатні формувати посівну борозну належної якості. Крім того, створене ними насіннєве ложе не має достатньої щільності, у тому числі через осипання ґрунту. В даній роботі досліджується процес формування насіннєвої борозни шляхом ущільнення ґрунту клиноподібним диском.

Аналіз останніх досліджень. Якість процесу сівби значною мірою залежить від технічної досконалості використовуваного знаряддя. Зазвичай цей процес виконують робочі органи сівалок-сошників. Вітчизняними та зарубіжними вченими доведено, що процес висіву насіння включає декілька операцій [3, 4]:

- формування борозни необхідної глибини і ширини з ущільненим дном;
- спрямування насіння на ущільнене дно борозни;
- безладне осипання ґрунту зі стінок борозни і часткове закриття насіння;

- додаткове прикочування ґрунту в зоні осі рядка і його ущільнення.

За даними Сало та ін. (2024), насіння, яке падає на дно насіннєвої борозни з певною швидкістю після вертикального польоту, не залишається нерухомим у точці контакту з дном борозни, а відскакує кілька разів на різну висоту, перш ніж залишитися нерухомим, зафіксованим ґрунтом. Під час наступного падіння вниз, після відскоку від дна борозни, насіння в більшості випадків потрапляє на шар ґрунту певної товщини, що вкрив дно в результаті осипання. Таким чином насіння розташовується у створеній сошником борозні на різній глибині [4]. Крім того, "галопування" насіння погіршує рівномірність його розміщення вздовж рядка [5].

Формулювання цілей. Метою дослідження є обґрунтування вихідних даних для моделювання технологічного процесу висіву насіння за умови формування насіннєвої борозни клиноподібним диском.

Основна частина. Враховуючи недоліки дискових та анкерних сошників, пропонується удосконалена технологію посіву, за якої рівномірність глибини загортання насіння підвищується шляхом виключення осипання ґрунту зі стінок на дно борозни, тобто на посівне ложе. При цьому в якості борозноутворюючого знаряддя використовується клиноподібний диск.

Диск складається з циліндричної частини радіусом r_1 і шириною b_1 та конічної частини з кутом конусності α, висотою h_k і шириною b_0, тобто в радіальному перерізі диск має форму рівнобічної трапеції на периферії (рис. 1).

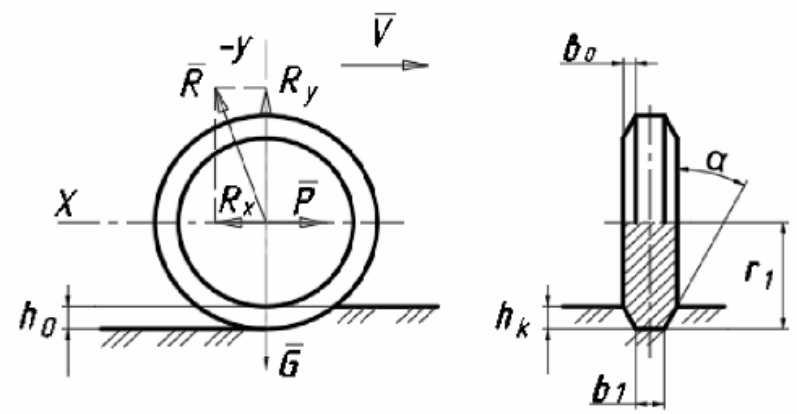


Рис. 1. Схема взаємодії диска з ґрунтом

Перекочуючись на певній глибині $h_0 \approx h_k$ під дією тягової сили P і заглиблюючись під дією вертикальної сили G, диск ущільнює ґрунт, як коток, і формує борозну для насіння глибиною h0. У прийнятій системі координат xOy на диск діє реакція R з боку ґрунту (рис. 2).

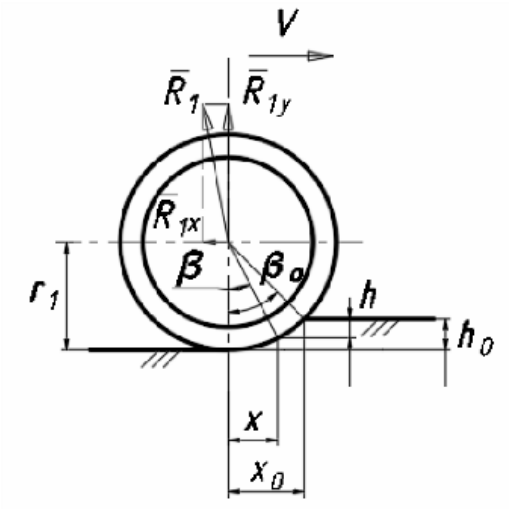


Рис. 2. Схема сил, що діють на циліндричну частину диска.

Проекції R на координатні осі Ох, Оу:

$$R_x = R_{1x} + 2R_{2x} \quad (1)$$

$$R_y = R_{1y} + 2R_{2y}, \quad (2)$$

де: R_{1x}, R_{1y} – складові реакції циліндричної частини;

R_{2x}, R_{2y} – конічної частини.

Вирази для визначення реакцій R_{1x}, R_{1y} відомі з класичної теорії розрахунку і проектування ґрунтообробних котків сільськогосподарських машин:

$$R_{1x} = qh_0^2 b_1/2 \quad (3)$$

$$R_{1y} = 2qb_1(2r_1)^{1/2} h_0^{3/2}/3, \quad (4)$$

де q – коефіцієнт об'ємного стиснення ґрунту, Н/м^3.

Вертикальна складова відгуку ґрунту R_{1y} наближено визначається розв'язуванням інтеграла:

$$R_{1y} = \int_0^{x_0} qhb_1 dx, \quad (5)$$

Враховуючи, що кут між векторами сили R_{1y} і R_1 досить малий, для практичних розрахунків можна з достатньою точністю прийняти $R_{1y} \approx R_1$, аналогічно до $R_{2y} \approx R_2$.

Крім нормальної реакції N, на конічну частину диска також діє сила тертя F_T (рис. 3), тому сумарна реакція R_2 буде дорівнювати

$$R_2 = Ntg\varphi cos\alpha + Nsin\alpha = Nsin(\alpha + \varphi)/cos\varphi \quad (6)$$

де φ – кут тертя ґрунту по диску.

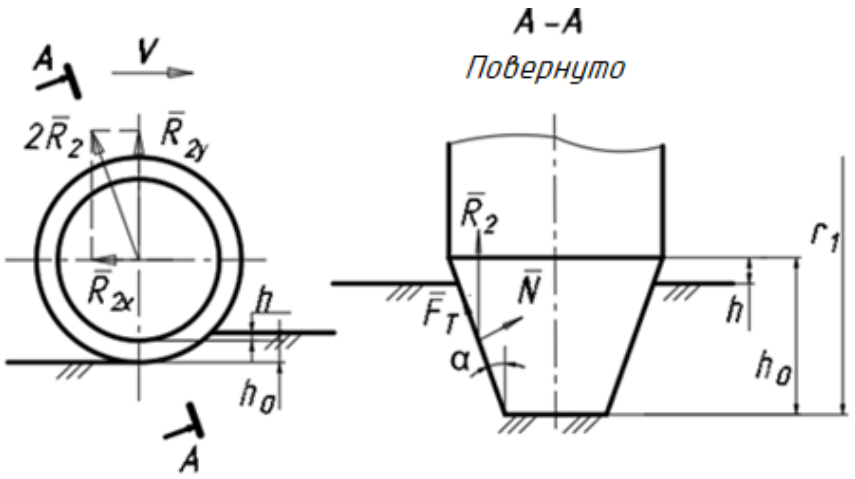


Рис. 3. Схема сил, діючих на трапецієподібну частину диска.

Представимо конічну частину диска нескінченно великою кількістю циліндричних дисків шириною *db*, кожен з яких піддається елементарній нормальній реакції, наведеній вище у виразі (4). Тоді, відповідно до (4) і (5), елементарна реакція dR_2 діє на елемент *db* ширини конічної частини:

$$dR_2 = 2qb(2r)^{1/2}\, h^{3/2} sin(\alpha + \varphi)/3cos\varphi, \quad (7)$$

де $$h = b/tg\alpha;\ r = r_1 - h_0 + b/tg\alpha \quad (8)$$

Інтегруючи вираз (7) та вираз (8), який одержано з (3):

$$dR_{2x} = qh^2\, dbsin(\alpha + \varphi)/2cos\varphi, \quad (9)$$

можна отримати R_2 й R_{2x}.

Висновки. В результаті проведених досліджень отримано вихідні дані для розробки моделі процесу формування насіннєвої борозни клиноподібним диском у вигляді реакції ґрунту на робочі поверхні. Подальші дослідження пов'язані з конкретними розрахунками параметрів технологічного процесу сівби в залежності від ґрунтових умов та розмірно-вагових характеристик насіння.

Список використаних джерел

1. Malasli, M. & Çelik, A. (2023). Effects of the disc and tilt angle of a single disc-type furrow opener of a no-till seeder onresidue distribution and the furrow profile. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, Vol. 47: No. 6, Article 19. https://doi.org/10.55730/1300-011X.3146

2. Yablonskyi, P., Rogovskii, I., Virchenko, G., Borek, K., Volokha, M. & Golova, O. (2025). Geometric modeling of disc furrow profile. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 12(1), E1–E8. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e1

3. Salo, V., Vovnianko, B., Leshchenko, S. & Luzan, P. (2024). Improvement of quality indicators of sowing process. *Agricultural Machines*, 50, 113-119. https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1398

4. Parihar, D., Dogra, B. & Narang, M. (2023). Performance Evaluation of Different Furrow Openers for Sustainable Tillage: A Review. *Indian Journal of Ecology*, 50(4), 1133-1142. https://doi: 10.55362/IJE/2023/4025

5. Зубко, В. М., Сіренко, В. Ф., Кузіна, Т. В. (2016). Аналіз конструкцій сошників посівних машин. Інженерія природокористування, 1(5), 98-102.

UDC 631.3-192

DETERMINATION OF COEFFICIENT OF LOOSENING DYNAMICS OF CULTIVATOR WORKING BODIES ON AN SPRING SUSPENSION

Alforov O.I.
Ukrainian State University of Railway Transport

Statement of the problem. The process of cultivation at the present stage of development of agricultural production machinery has a wide range of soil cultivation tools. A special place is occupied by cultivators with working bodies on an elastic suspension, which provides a number of advantages, such as efficiency and quality of soil cultivation (reduction of ridging, improvement of loosening indicators, etc.) [1]. The presentation of the process of dynamic soil loosening on the example of a cultivator with an S-shaped elastic stand as an oscillatory process made it possible to identify a number of dynamic characteristics of the loosening process that provide an opportunity for optimisation.

Analysis of recent studies. The literature often considers the deformation of an S-shaped elastic strut as consisting of four stages: the first, when the initial position of the machine is characterised by zero velocity and no deformation in the post; the second is characterised by the beginning of the machine's movement with the paw deepening into the soil, which deforms the post and deflects it as much as possible in the direction opposite to the direction of the machine's movement; at the third stage, the tine returns to its original position (soil destruction occurs under the influence of dynamic loads and this stage is the beginning of the soil loosening process); final soil loosening occurs at the fourth stage, when the tine deviates in the direction of the machine movement [1-3].

The following dynamic characteristics of the elastic suspension corresponding to the loosening process were determined [3]:

Relative displacement of the tine attachment point to the post:

$$x_d(t) = -\frac{V}{k}\sin kt + \frac{P_2}{c}(\varphi - 1)(1 - \cos kt) \tag{1}$$

relative velocity of the tine attachment point to the rack:

$$\dot{x}_d(t) = -V\cos kt + \frac{k(P_1 - P_2)}{c}\sin kt \tag{2}$$

where, V – speed of the machine; $k = \sqrt{c/m}$ – natural vibration frequency of a single-mass system; c – bending stiffness of the rack; m – the combined weight of the tine and soil involved in the oscillations; $\varphi = \frac{P_1}{P_2}$; P_1 – loosening resistance force before the start of the tine movement; P_2 – resistance force at the stage of relative movement of the tine during loosening.

The purpose of the study. The aim of the study is to determine a generalising indicator that summarises the main dynamic characteristics of soil loosening.

Research results. It is known that the soil resistance during cultivation can be up to 800N per 1 metre of cultivator working width. Given that there are 4 racks per metre of working width, we can see that each of them is subjected to a force of P_2 = 267 H. At, with φ = 1,2 force value P_1 = 320 H. Machine travel speed V = 2 m/ s, the stiffness of the rack is assumed to be equal to $c = 3{,}7\cdot 10^3$ H/m, natural vibration frequency of a single-mass system k = 27 rad/s.

Given the main dynamic characteristics of soil loosening, it is advisable to introduce a generalised indicator - the coefficient of soil loosening dynamics, which acts as a criterion of similarity.

Let's introduce some auxiliary parameters:

$$\beta = \frac{\sqrt{cg}\,\Delta_2(\varphi - 1)}{V\sqrt{Q_{\tilde{A}}}} \tag{3}$$

where $\Delta_2 = \frac{P_2}{c}$; $Q_g = mg$, g – acceleration of free fall.

Then the expression for the coefficient of loosening dynamics will be:

$$K_d = \frac{x(t)}{Vt} = 1 + \frac{2\Delta_2(\varphi - 1)\sqrt{gc}}{V\sqrt{Q_g}\,\arccos\left(\frac{1-\beta^2}{1+\beta^2}\right)} \tag{4}$$

Using the above theory, it is easy to determine the maximum elastic displacement:

$$x_{\max} = \frac{P_1}{c} = \Delta_2\varphi; \tag{5}$$

frequency of oscillations

$$\frac{1}{T} = \frac{p}{\theta + 2\beta}; \tag{6}$$

where $p = \sqrt{gc/Q_г}$, $\theta = \arccos\frac{1-\beta^2}{1+\beta^2}$.

Under the initial conditions given above, at the machine speed V = 2 m/s, we have the value of the coefficient of loosening dynamics K_d = 2,01, maximum elastic movement of the paw x_d = 29 mm, and frequency of self-oscillations $1/T$ =34,5 Hz.

Conclusions. In accordance with the theory presented, it is possible to distinguish the main dynamic characteristics of loosening, such as the dynamic elastic movement of the tine during one period of self-oscillations, the maximum elastic deviation of the tine from the initial position, and the frequency of oscillations - these indicators are significant in terms of increasing the mechanical reliability of the units by ensuring the strength characteristics of the working members at the design stage. The coefficient of loosening dynamics, acting as a criterion of similarity, should be related to the traction resistance forces of the unit, which makes it possible to further develop the theory of calculating the main parameters of working bodies and the operating mode of tillage machines and implements. The combination of these dynamic characteristics should be used in the formation of the theory of ensuring the technological reliability of soil cultivation.

References

1. Voytyuk D.G., Havryliuk G.R. Agricultural machines. Kyiv: Caravel, 2018. 552 p.

2. Pastushenko S.I., Klandii M.B., Klandii M.I. Research of agrotechnological indicators of soil tillage quality by a harrow with screw working bodies. Scientific Bulletin of the TdATU, 2020, Issue 10, Volume 1, pp. 1-12.

3. Alforov O. Dynamic characteristics of cultivator working bodies in the intensified process of soil cultivation. Engineering of nature management. 2021. № 3 (21). P. 73-81.

УДК 664.951: 519.876.5

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОЇ МІКРОНІЗАЦІЇ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

Волинець Є.О.
Вінницький національний аграрний університет

Сучасні технології у тваринництві та кормовиробництві вимагають не лише високої якості кормів, а й енергоефективності процесів їх підготовки. Зернобобові культури (соя, горох, квасоля) є важливим джерелом рослинного білка, проте містять антипоживні речовини, зокрема інгібітори трипсину, уреазу, лектини, які знижують засвоюваність білка та погіршують

продуктивність тварин. Тому необхідна попередня термічна обробка, яка забезпечує інактивацію цих сполук і водночас зберігає поживні речовини.

Сушарки періодичної дії з інфрачервоними випромінювачами є одними з найбільш перспективних апаратів для такої обробки. Їх перевагою є компактність, можливість швидкого нагріву зерна до необхідної температури, локалізоване теплопідведення та нижчі питомі енерговитрати порівняно з конвективними сушарками. Однак для забезпечення ефективності процесу необхідно чітко визначити конструктивно-режимні параметри роботи обладнання: потужність випромінювачів, відстань між джерелом випромінювання і шаром зерна, товщину шару, час перебування сировини в камері [1].

Математичне та імітаційне моделювання дає змогу прогнозувати зміну температури і вологості зерна у процесі сушіння без проведення великої кількості експериментів, що значно економить час і ресурси. Завдяки моделі можна оцінити:

- динаміку розподілу температури у зерні та по всій товщині шару;
- швидкість видалення вологи та вихідні значення рівноважної вологості;
- вплив різних параметрів (потужність, час, товщина шару) на кінцеву якість продукту;
- можливі зони перегріву чи недосушування.

Метою є досягнення рівня залишкової вологості зерна, який відповідає нормативам для безпечного зберігання (10–12 %), та інактивація антипоживних речовин до рівня міжнародних стандартів при мінімальних питомих енерговитратах.

Математичне моделювання процесу сушіння у сушарці періодичної дії базується на описі теплопереносу та масообміну у шарі зернобобових культур, що піддається інтенсивному інфрачервоному опроміненню. Умовно процес можна подати як сукупність двох взаємопов’язаних явищ – підвищення температури зерна та зниження його вологості.

Теплові процеси описуються рівнянням теплопровідності з внутрішнім джерелом тепла, яке враховує поглинання інфрачервоного випромінювання матеріалом [2]:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda T^2 + Q_{IR}, \quad (1)$$

де T – температура зерна;

t – час, ρ – густина;

c – теплоємність;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

Q_{IR} – об’ємна густина потоку інфрачервоного випромінювання.

Це рівняння дає змогу простежити, як зміна потужності випромінювачів і товщини шару впливає на швидкість нагріву зерна у центрі та на його поверхні.

Видалення вологи з матеріалу відбувається за законом дифузії, що враховує градієнти концентрації вологи та її перехід у газоподібний стан. Для опису масопереносу використовується рівняння:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = D^2 W - k\left(W - W_{eq}\right), \quad (2)$$

де W – поточна вологість зерна;

D – коефіцієнт дифузії;

k – коефіцієнт масопереносу;

W_{eq} – рівноважна вологість.

Це рівняння показує, що швидкість сушіння залежить як від фізичних властивостей продукту, так і від режимів роботи сушарки.

Оскільки температура зерна прямо впливає на швидкість випаровування вологи, обидві залежності утворюють систему взаємопов'язаних рівнянь. Розв'язання цієї системи здійснюється чисельними методами, найчастіше методом скінченних різниць або скінченних елементів. При цьому враховуються фізико-хімічні характеристики зерна, геометрія шару, потужність інфрачервоних випромінювачів та умови охолодження.

Побудована математична модель процесів тепломасообміну у сушарці періодичної дії потребує задання початкових і граничних умов, які відображають реальні виробничі умови експлуатації обладнання. Саме вони визначають коректність чисельного розв'язання системи рівнянь і можливість подальшого використання результатів у практичних розрахунках.

На початковому етапі вважається, що температура всього шару зерна є сталою і дорівнює температурі навколишнього середовища [3]:

$$T(x, y, 0) = T_0 = 20^O C, \quad (3)$$

де T_0 – початкова температура матеріалу.

Аналогічно задається початкова вологість:

$$W(x, y, 0) = W_0 = 0{,}18 \text{ кг/кг сухої речовини}, \quad (4)$$

що відповідає 18 % вологості зерна сої перед обробкою.

На зовнішній поверхні шару діє тепловий потік від інфрачервоних випромінювачів, який у моделі враховується через граничну умову третього роду [4]:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = Q_{IR} - \alpha\left(T - T_\alpha\right), \quad (5)$$

де T_α – температура середовища.

Для рівняння масопереносу початкова умова задається як рівномірний розподіл вологи по всій товщині шару, тоді як на поверхні реалізується умова випаровування:

де D – коефіцієнт дифузії вологи;

β – коефіцієнт масообміну на межі «зерно – повітря»;

W_{eq} – рівноважна вологість.

Отримана модель може слугувати основою для теоретичного обґрунтування конструктивно-режимних параметрів обладнання, дозволяє оцінити вплив інтенсивності випромінювання, товщини шару та тривалості процесу на кінцеву якість продукту та забезпечує наукове підґрунтя для подальшого вдосконалення технології інфрачервоної мікронізації.

Список використаних джерел

1. Купчук І.М, Волинець Є.О., Сімаков О.О. Огляд сучасних технологій інактивації антипоживних речовин сої. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2024. № 1 (124). С. 26-32. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-1-3.

2. Солона О.В., Котов Б.І., Спірін А.В., Калініченко Р.А. Обґрунтування параметрів поєднаних процесів мікронізації та подрібнення із застосуванням вібраційних технологій при переробці зерна на корм. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2016. № 3 (83). С. 213–218.

3. Петрова Ж.О., Кузнєцова І.В., Самойленко К.М., Петров П.І., Маноха Д.О. (2025). Переробка білкововмісної рослинної сировини на сухий продукт. *Продовольчі ресурси*. 2025. № 13 (24). С. 33–44.

4. Котов Б.І., Степаненко С.П., Калініченко Р.А, Грушедський С.М., Рудь А.В. Математичне моделювання процесу вібраційного сушіння з урахуванням повздовжнього переміщення зернового матеріалу. Механіка та автоматика агропромислового виробництва. 2023. № 2 (116). С. 110–119.

УДК 631.361.022.003.

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ПРИСТРІЙ МОЛОТАРКИ ДЛЯ ОБМОЛОТУ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ РОТОРНОГО ТИПУ

Овчарук О.В., Грушецький С.М., Овчарук В.І., Бардар Д.А., Загородний В.В.,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Україна за своїми природно-кліматичними умовами має всі передумови для інтенсивного ведення рослинництва і тваринництва. В рослинництві одне з провідних місць серед зернових та кормових культур займає кукурудза. Основною зоною виробництва зерна кукурудзи є Лісостеп, де середня врожайність сягає близько 10-12 т/га [3]. Високий виробничий рівень, низькі витрати на післязбиральну обробку зерна передбачають вибір насіння за різними групами стиглості. Їх частку в структурі виробництва потрібно диференціювати залежно від можливостей та спеціалізації господарства. Основним способом збирання врожаю

товарної кукурудзи є комбайновий обмолот качанів, який можна розпочинати за вологості 30-32%. Такий спосіб є доцільнішим, ніж збирання у качанах, оскільки приблизно вдвічі зменшуються затрати праці та на 20-25% – витрати палива. Насіннєву кукурудзу збирають тільки в качанах з подальшим їх обов'язковим термічним сушінням у спеціалізованих сушарках.

Збільшення обсягів виробництва зерна кукурудзи є одним із перспективних завдань сільського господарства [4]. Для вирішення цього завдання необхідно підвищувати ефективність виконання технологічних процесів виробництва і обробки зерна кукурудзи шляхом удосконалення існуючої та створення нової, більш ефективної техніки.

Виклад основного матеріалу. У процесі виробництва зерна кукурудзи найбільш трудомістким є збирання врожаю 60...80% від загальних затрат праці [1]. Останнім етапом збирання кукурудзи є обмолот качанів, якість якого характеризується двома основними показниками – травмування зерна та недомолот качанів.

З проблемою механізації обмолоту качанів зіштовхуються як невеликі фермерські підприємства, так й населення, – через нестачу коштів для закупівлі нової техніки. Відповідно назріла потреба розвитку невеликих за потужністю пунктів обмолоту качанів кукурудзи.

На основі проведених досліджень було розроблено структурний графік аксіально-роторної системи обмолоту, що дозволило висунути гіпотезу щодо підвищення ефективності технологічного процесу обмолоту качанів кукурудзи шляхом зниження енергоємності та підвищення якості обмолоту за рахунок удосконалення конструкції деки з раціональним розподілом сил удару і тертя в молотильній камері [2].

На підставі цього розроблено конструкційно-технологічну схему молотарки качанів кукурудзи з раціональним розподілом сил удару і тертя в молотильній камері, побудовано розрахункову модель її функціонування та вивчено фізичну суть процесу обмолоту качанів кукурудзи (рис. 1) [2].

Роторний пристрій для обмолоту качанів кукурудзи включає раму, яка кріпиться до фундаменту, завантажувальний лоток, молотильну камеру, привод та вивантажувальний лоток. Згідно корисної моделі, бажаний ефект забезпечується тим, що напрям гвинтової лінії корпуса та ротора, напрям обертання останнього сприяють руху качанів вверх по конусу з обмолотом зерна. У зв’язку з різною швидкістю дії бичів на качани по висоті ротора, очікується різна ступінь пошкодження зерна. Установка вивантажувальних лотків на різній висоті корпусу дозволяє отримувати зерно на насіння, продовольче, та фуражне. Відцентровому переміщенню зерна сприяє потік повітря від лопатей встановлених на валу ротора. Вимолочені качани вловляються вивантажувальними лопатями і подаються у відповідний бункер.

На рис. 1 зображено роторний пристрій для обмолоту качанів кукурудзи, вигляд збоку.

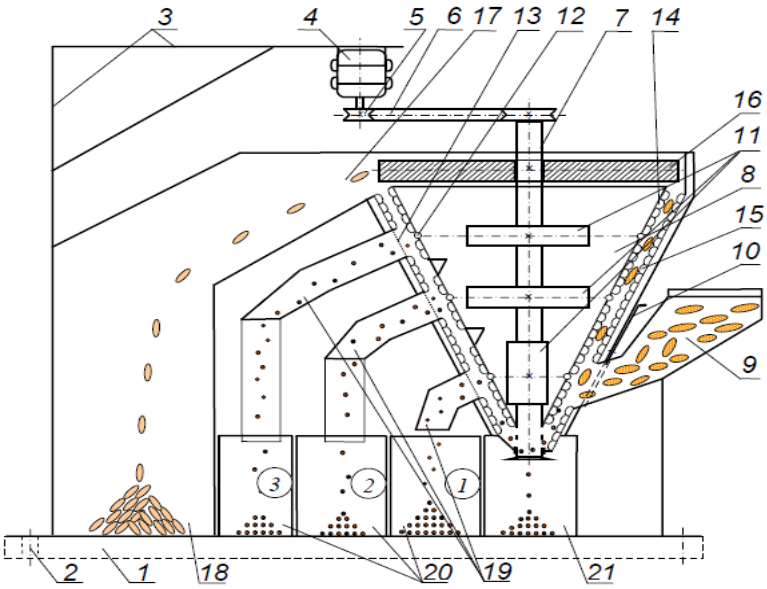


Рис. 1. Конструкційно-технологічна схема молотарки качанів кукурудзи

Роторний пристрій для обмолоту качанів кукурудзи включає раму 1, яка має чотири отвори 2 для кріплення до фундаменту. До рами приварюються швелера 3 на одному з яких кріпиться електродвигун 4, де через привід 5 і клино-пасова передача 6 приводиться у обертальний рух вал 7 конусного ротора 8. Конусний ротор складається із загрузочного лотка 9 який регулюється заслінкою 10 і трьома обертаючими навколо своєї осі, різного діаметра лопаті 11 які подають потік повітря 12 на решето 13. На корпусі ротора розміщені ударні елементи 14 і протиударні 15 між якими проходить обмолочуваний качан кукурудзи. Обмолочений качан викидається вивантажувальними лопатями 16 у вивантажувальний лоток 17 тари обмолочених качанів 18, а зерно через лоток сходу 19 у лоток для зерна 20 (1 – на насіння, 2 – продовольче, 3 – на фураж) і бункер для залишків 21.

Працює пристрій для обмолоту качанів кукурудзи таким чином. Качани, через загрузочний лоток 9 попадають між гвинтові протиударні елементи 15, та конусного ротора 8, який отримує привід від електродвигуна 4, через ремінну передачу 6. Напрям гвинтової лінії корпусу та ротора, напрям обертання останнього сприяють руху качанів вверх по конусу з обмолотом зерна.

У зв’язку з різною швидкістю дії ударних елементів на качани по висоті ротора, очікується різна ступінь пошкодження зерна.

Установка вивантажувальних лотків на різній висоті корпусу дозволяє отримувати зерно на насіння (лоток 1), продовольче (лоток 2), та на фураж

(лоток 3). Відцентровому переміщенню зерна сприяє потік повітря 12 від лопатей встановлених на валу ротора 11.

Вимолочені качани вловлюються вивантажувальними лопатями 16 і подаються у відповідний бункер.

Висновок. На основі проведених досліджень було розроблено структурний граф аксіально-роторної системи обмолоту, що дозволило висунути гіпотезу щодо підвищення ефективності технологічного процесу обмолоту качанів кукурудзи шляхом зниження енергоємності та підвищення якості обмолоту за рахунок удосконалення конструкції деки з раціональним розподілом сил удару і тертя в молотильній камері.

Список використаних джерел

1. Дудар М. О., Грушецький С. М. Розробка багатофункціональної молотарки кукурудзи для фермерських господарств : наук. роб. Харків, 2018. 73 с.

2. Грушецький С. М., Дудар М.О. Аксіально-роторна система обмолоту качанів кукурудзи. *Матеріали XII Всеукр. наук.-прак. конф. студ. та молодих науковців, «Перші наукові кроки – 2018».* Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2018. С. 58.

3. Лайтер В, Овчарук О. Вплив строків збирання на якість зерна кукурудзи. *XVI Міжнародна наукова конференція "Корми і кормовий білок".* [Вінниця], 19-20 вересня 2024 р. Вінниця/Інститут кормів, 2024. С. 91-93.

4. Komorowska, M., Niemiec, M., Sikora, J. et al. Strategies for managing corn crop residue in the context of greenhouse gas emissions. *Environ Sci Pollut* Res 31, 60189–60205 (2024). https://doi.org/10.1007/s11356-024-34759-9.

УДК 621.82

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ НОЖІВ-ПОДРІБНЮВАЧІВ НА ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Гевко І.Б., Дячун А.Є., Стібайло О.Ю.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Постановка проблеми. Сучасне сільськогосподарське виробництво часто вимагає нестандартних технічних засобів, зокрема і гвинтових робочих органів оснащених ножами-подрібнювачами, лопатями чи іншими елементами на гвинтових робочих органах. Це вимагає нових підходів у пошуку та дослідженню таких нестандартних конструктивних рішень, а також технологій їх виготовлення. Тож проблема розроблення і дослідження шнеків оснащених ножами-подрібнювачами для виробництва

різноманітних кормів для відгодовування тварин і птиці є досить актуальною.

Аналіз останніх досліджень. Розробленню різноманітних конструкцій шнеків та способів їх виготовлення присвятили багато праць Гевко Б.М. [1], Рогатинський Р.М. [2, 3], Ляшук О.Л. [1, 2, 4, 5] та інші [6, 7]. Їхні зусилля були спрямовані на пошук і досліджували класичних та оригінальних способів виготовлення різнотипних гвинтових робочих органах, й особливо для сільськогосподарського виробництва.

Мета досліджень. Дослідити параметри процесу формування ножів-подрібнювачів на гвинтових робочих органах.

Результати досліджень. У сільськогосподарському виробництві шнеки оснащені ножами-подрібнювачами використовуються при виробництві різноманітних кормів для відгодовування тварин і птиці [7]. Однією із операції технологічного процесу виготовлення гвинтових елементів машин є формування ножів-подрібнювачів, методом загинання роликом на токарному верстаті попередньо сформованих фрезеруванням секторів на гвинтовому елементі [7]. Схема цієї операції зображена на рис. 1. Для виконання операції (рис. 1) гнуття ножів-подрібнювачів на кут β_b вершина ролика 1 поперечною подачею S_{p1} верстата зміщується відносно зовнішнього діаметра D гвинтового елемента 4 на величину перекриття l_b.

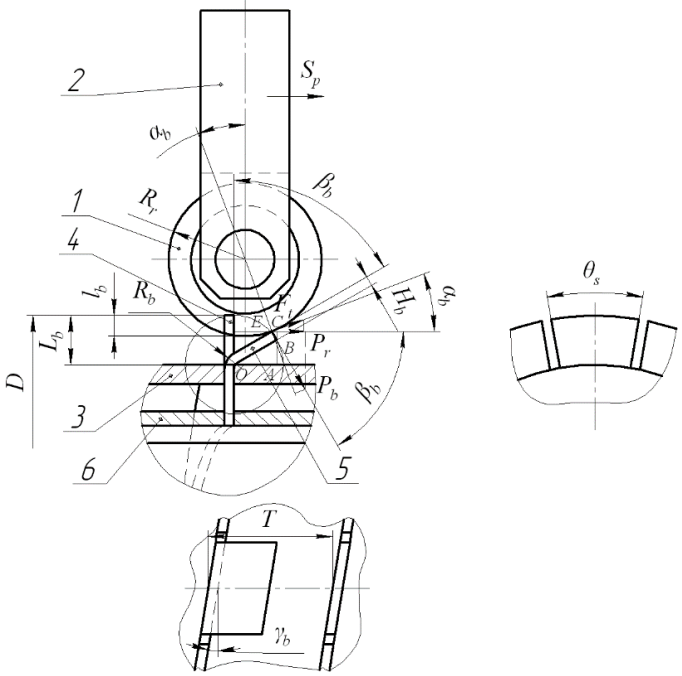


Рис. 1. Розрахункова схема для параметрів процесу формування ножів-подрібнювачів на гвинтовому елементі: 1 – ролик; 2 – державка; 3 – зовнішня затискна труба з гвинтовим пазом; 4 – гвинтовий елемент; 5 – ніж-подрібнювач; 6 – внутрішня затискна труба з гвинтовим пазом

Наступним етапом є виконання поздовжньої подачі ролика S_p, в наслідок чого при взаємодії ролика із сектором гвинтового елемента відбувається гнуття останнього в напрямку подачі ролика. Для виконання та налагодження даної операції важливим є встановлення взаємозв’язку кута

β_b гнуття ножів-подрібнювачів величини із перекриттям l_b зовнішнього радіуса R_r ролика відносно зовнішнього діаметра D гвинтового елемента. Для цього із трикутників AOB та BCE (рис. 1) знаходимо співвідношення:

$$l_b = L_b\left(1-\cos\beta_b\right) - H_b \sin\beta_b, \qquad (1)$$

де L_b – висота сектора під ножі-подрібнювачі; H_b – товщина матеріалу сектора.

На основі рівняння (1) будовано графіки (рис. 2) залежності величини перекриття l_b зовнішнього радіуса R_r ролика відносно зовнішнього діаметра D гвинтового елемента від кута β_b гнуття ножів-подрібнювачів

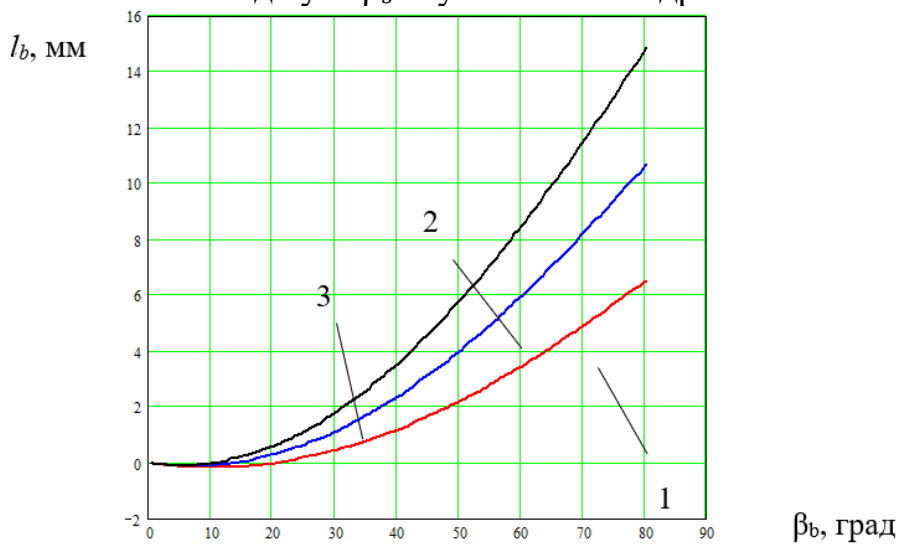


Рис. 2. Графічні залежності величини перекриття l_b зовнішнього радіуса R_r ролика відносно зовнішнього діаметра D гвинтового елемента від кута β_b гнуття ножів-подрібнювачів, H_b =1,8 мм: 1) L_b =10 мм; 2) L_b =15 мм; 3) L_b =20 мм

Для практичного застосування важливим є визначення мінімального технологічного кута $\beta_{b\min T}$ гнуття ножів-подрібнювачів, що залежить від мінімальної величини перекриття $l_{b\min}$ зовнішнього радіуса R_r ролика відносно зовнішнього діаметра D, яку можна забезпечити на верстаті, що знаходиться в межах від 0,5 мм до 1 мм. Цю величину знаходимо із рівняння (1):

$$\beta_{b\min T} = \arccos\left(\frac{-L_b l_{b\min} + L_b^2 - H_b\sqrt{H_b^2\left(1-l_{b\min}^2\right) + 2L_b l_{b\min}}}{L_b^2 + H_b^2}\right) - \Delta\beta, \qquad (2)$$

де $\Delta\beta$ – величина відпружинення кута β_b гнуття ножів-подрібнювачів.

Висновок. Встановлено, що для більших значень величин кута β_b гнуття ножів-подрібнювачів та висоти L_b сектора під ножі-подрібнювачі потрібно попередньо налагоджувати більшу величину перекриття l_b зовнішнього радіуса R_r ролика відносно зовнішнього діаметра D. Також із графіків рис. 2 можна побачити мінусові значення величини l_b, що вказує на

те, що при цих значеннях існує обмеження щодо формування кута β_b, яке знаходиться в межах від 0 до точки перетину графіка із віссю абсцис, що відповідає мінімальному теоретичному куту β_{bmin} гнуття ножів-подрібнювачів. Зокрема, для L_b =10 мм β_{bmin}=20,41 град, для L_b =15 мм β_{bmin}=13,69 град, для L_b =20 мм β_{bmin}=10,29 град.

Список використаних джерел

1. Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Драган А.П., Новосад І.Я. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей. Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2008. – 367 с.

2. Рогатинський Р. М. Перспективні гвинтові конвеєри: конструкції, розрахунок, дослідження / Рогатинський Р. М., Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Гудь. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 212 с.

3. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів: монографія. Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 280 с.

4. Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Гупка А.Б., Третьяков О.Л. Технологічне проєктування та виготовлення гвинтових транспортно-технологічних робочих органів. Тернопіль: Паляниця В.А., 2025. 457 с.

5. Гевко І. Б., Лещук Р. Я., Гудь В. З., Дмитрів О. Р., Дубиняк Т. С., Навроцька Т. Д., Круглик О. А. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 207 с.

6. Гевко І.Б. Моделювання характеру навантаження на гвинтові робочі органи. Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2011, Том 16, № 1, с. 69-77.

7. Гевко І.Б., Дячун А.Є., Дубиняк Т.С., Стібайло О.Ю., Золотий Р.З. Дослідження операцій технологічного процесу виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. – 2025. Вип. 11(42). Част. 2. С. 99-108.

УДК 66.047:664.8:634.54

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ

Лавренюк П.П.
Вінницький національний аграрний університет

Вступ. Волоський горіх є важливим харчовим продуктом та цінною сировиною для харчової промисловості України. Його ядра відзначаються високою поживною цінністю та містять жири, білки, вуглеводи, вітаміни й

ароматичні сполуки. Критичною проблемою галузі є забезпечення належної якості під час зберігання: висока вологість плодів і активність ферментів спричиняють псування, розвиток грибкової мікрофлори та зниження товарних властивостей. Ефективне сушіння після збору врожаю є етапом, що визначає термін зберігання та органолептичні показники продукції [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед методів сушіння харчових продуктів найпоширенішим є конвективне сушіння гарячим повітрям завдяки простоті реалізації та відносно низьким витратам. Паралельно досліджуються радіочастотне, інфрачервоне та вакуумне сушіння, здатні скорочувати тривалість процесу й підвищувати якість. Однак у промислових масштабах традиційне сушіння теплим повітрям залишається базовим методом для волоських горіхів. Складність процесу зумовлена відмінностями вологості шкаралупи та ядра: під час сушіння формується градієнт вологи, що ускладнює дифузію з ядра. Дослідження підтверджують, що швидке видалення вологи зі шкаралупи на початковому етапі сприяє ефективнішому зневодненню ядра та зменшенню енерговитрат [1, 2].

Мета та завдання дослідження. Мета досліджень – вивчення кінетики сушіння волоських горіхів під впливом теплого повітряного потоку в лабораторних умовах та визначення впливу основних технологічних параметрів (початкової вологості, температури, швидкості потоку повітря, часу) на швидкість сушіння та ефективність процесу.

Методика досліджень. Експерименти виконано на зразках сорту Chandler (урожай 2024 р., Вінницька область). Лабораторна установка базувалася на сушильній шафі SENCOR SFD6601BK з регулятором швидкості повітряного потоку, датчиками DS18B20 і реєстратором температури TM-32/H-5T. Вологість визначали за стандартом висушування при 105 °C та вологоміром He Lite (каліброваним під ядра горіхів) [3].

Діапазони факторів дослідження:

– початкова вологість w_0 = 34–46 %;

– температура повітря T = 50, 65, 80 °C;

– швидкість повітряного потоку v = 1, 2, 3 м/с;

– тривалість сушіння t до 24 годин.

Критеріями оцінки обрано: зміну вологості w_t, швидкість сушіння V_t та коефіцієнт ефективності процесу k_T. Математичну обробку виконано у Wolfram Cloud з побудовою експоненційної моделі кінетики сушіння [3].

Результати досліджень. Експериментальні дані підтвердили істотний вплив усіх досліджених факторів на динаміку сушіння:

– підвищення температури з 50 до 80 °C прискорює зниження вологості майже в 1,5 раза;

– збільшення швидкості повітряного потоку інтенсифікує масообмін, однак при v = 3 м/с фіксується ризик нерівномірності сушіння;

– вища початкова вологість збільшує тривалість процесу до досягнення нормативу 8 %;

– найвища швидкість сушіння спостерігається на початковій стадії (0–5 год), далі процес уповільнюється через дифузійні обмеження.

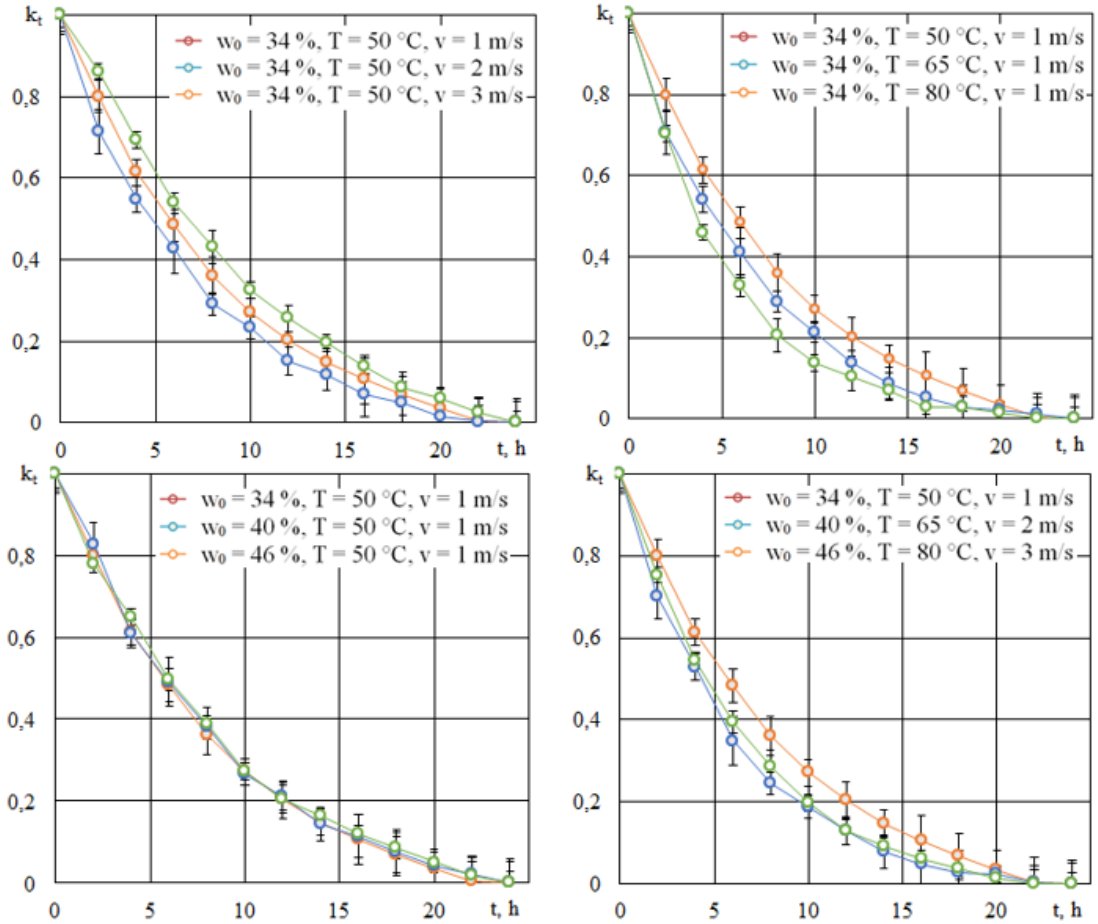


Рис. 1. Залежності зміни вологості горіхів під час сушіння при різних технологічних параметрах

Математична модель на основі експоненційної залежності виявилася статистично значущою (високі значення F-критерію), що підтверджує її адекватність для опису процесу у досліджених межах.

На основі отриманих даних по зміні вологості горіхів під час сушіння проведено розрахунок коефіцієнта ефективності сушіння для кожного варіанту досліду. Для наочності побудовано відповідні графіки залежностей (рис. 1). Розрахований критерій Фішера $F \approx 2640{,}6$ є дуже великим, що може свідчити про значущість моделі (6) ($F > F_t$ (0,05; 10; 341) $\approx 1{,}859$).

Початкова вологість w_0 майже не впливає на коефіцієнт ефективності k_t, що підтверджує його узагальнюючі властивості. Загалом, оптимізація процесу сушіння вимагає регулювання температури та швидкості повітряного потоку в залежності від бажаного часу сушіння. Зменшення k_t із часом свідчить про те, що процес сушіння є багатофазним, і його

параметри слід коригувати в залежності від стадії сушіння. Встановлено, що час попереднього нагрівання горіхів зменшується зі збільшенням температури сушіння. Це пояснюється тим, що вищі температури забезпечують більшу кількість теплової енергії, тим самим скорочуючи час попереднього нагрівання. З іншого боку, оскільки теплову енергію сушильного середовища передають від поверхні до внутрішньої частини, підвищення температури спричиняє значні температурні градієнти, що прискорює передачу теплоти.

Оптимальним режимом рекомендовано високотемпературну обробку 80 °C упродовж перших 5 годин із подальшим зниженням температури до 50 °C. Такий підхід забезпечує скорочення тривалості сушіння, збереження якості ядер та підвищення енергоефективності.

Висновки:

1. Кінетика сушіння волоських горіхів є фазовою: інтенсивна початкова стадія змінюється дифузійно обмеженою.
2. Вирішальними керованими параметрами є температура та швидкість повітряного потоку; початкова вологість визначає тривалість.
3. Рекомендований режим: 80 °C на старті (≈5 год) з подальшим зниженням до 50 °C для балансу швидкості сушіння та якості.
4. Отримана модель є статистично значущою та придатною для інженерної оптимізації промислових режимів сушіння.

Список використаних джерел

1. Kaletnik H., Yaropud V., Kupchuk I., Aliiev E., Babyn I., Lavreniuk P. Modeling of the technological process of walnut drying in a convective dryer. Przeglad Elektrotechniczny. 2023. Vol. 99, № 12. P. 91–97. DOI: https://doi.org/10.15199/48.2023.12.17.

2. Yaropud V., Lavreniuk P. Research on the influence of warm air flow on the drying kinetics of walnuts. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2025. № 1 (128). С. 27-36. DOI: 10.37128/2520-6168-2025-1-3

УДК 631.365

ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ СИСТЕМОЮ ОБРОБКИ ВІД ШКІДНИКІВ І ГРИБКІВ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Гевко І.Б., Довбуш Т.А., Бучинський В.М.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Постановка проблеми. У сільськогосподарському виробництві досить часто існує необхідність у додаткових операціях пов’язаних із збереженні

врожаю, що, зокрема, потребує його оброблення від шкідників та грибків. Проте існуючі технології виконання таких операцій не завжди у повній мірі можуть забезпечувати необхідний якісний кінцевий результат та є досить енерговитратними. Тому, з метою підвищення ефективності та здешевлення таких операцій нами запропоновано їх проведення як додаткових при перевантаженні сільськогосподарських матеріалів. Такі операції можна проводити при завантаженні чи вивантаженні сільськогосподарських матеріалів з допомогою різного роду транспортерів, бункерів завантажувачів тощо.

Аналіз останніх досліджень. Вплив надвисокочастотного випромінювання (НВЧ) на біологічні об'єкти далеко не вповній мірі досліджено. Проте існують деякі дослідження по його вивченню [1] та використанні у різноманітних технічних засобах [2, 3]. Ці зусилля пов'язані із пошуком найбільш ефективних рішень, що дозволяють забезпечувати ефективні результати при обробленні біооб'єктів.

Мета досліджень. Метою дослідження є розроблення засобів для зберігання та перевантаження сільськогосподарських матеріалів оснащених системою обробки від шкідників і грибків НВЧ випромінюванням.

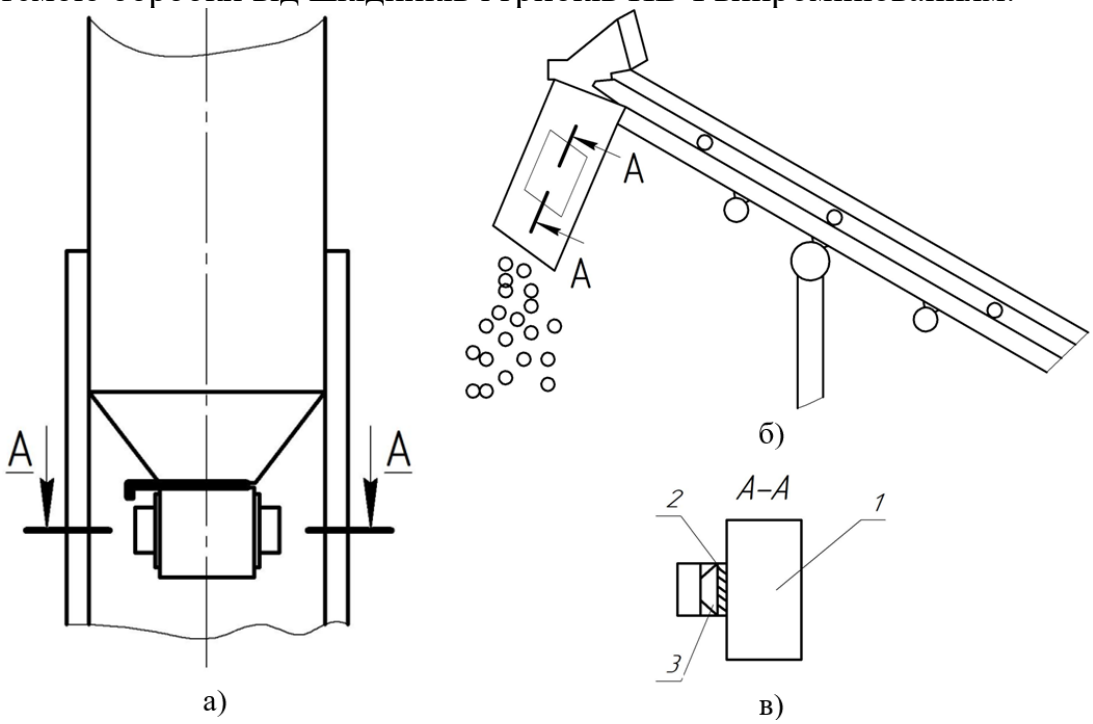


Рис. 1. Технічні засоби для обробки від шкідників і грибків НВЧ випромінюванням с/г матеріалів: а) бункер-накопичувач; б) транспортер; в) переріз по А-А; 1 – діелек-тричний вивантажувальний патрубок; 2 - слюдяна прокладка; 3 - опромінювач

Результати досліджень. Вплив надвисокочастотного випромінювання на біолооб'єкти залежить від багатьох факторів, зокрема: потужність поля; частота та інтенсивність випромінювання; довжина хвилі; безперервне або

перервне режиму опромінювання; тривалість дії режиму опромінювання; комбінування дії з такими чинниками середовища, як наявність шуму, іншого випромінювання, температури повітря тощо. Ці фактори в значній мірі можуть змінювати опірність на дію електромагнітних полів [2].

Тож для обробки від шкідників і грибків НВЧ випромінюванням сільськогосподарських матеріалів нами розроблено бункер із системою обробки сільськогосподарських від шкідників і грибків НВЧ випромінюванням, конструктивну схему якого зображено на рис. 1.*а*, та транспортер з блоком надвисоких частот для перевантаження, сушіння та оброблення від шкідників і грибків сільськогосподарських та інших матеріалів [3], конструктивну схему якого зображено на рис. 1.*б*. На рис. 1.*в* зображено переріз по А-А на попередніх рисунках.

Висновок. До переваг технічних засобів відноситься можливість оброблення від шкідників і грибків сільськогосподарських матеріалів. При цьому в запропонованих технічних засобах частоту впливу на біооб'єкти доцільно вибрати в межах 3 ГГц, що забезпечить найбільш ефективну дію на них та найвищий економічний ефект, позаяк магнетрони з частотою генерації 3 ГГц є найбільш доступними і дешевими.

Список використаних джерел

1. Stytsenko T.E, Semenets V.V Analysis of electromagnetic and modeling of spurious radiation sources. Telecommunications and Radio Engineering. 2016, Vol. 75, Issue 15. – P. 1385–1396.

2. Гевко І.Б., Марценюк А.С., Дунець В.Л., Паляниця Ю.Б., Бучинський В.М., Брикса А.О. Транспортер з блоком надвисоких частот для перевантаження, сушіння та оброблення від шкідників і грибків сільськогосподарських та інших матеріалів / Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Кропивницький, 2023. С. 33-34.

3. Транспортер з блоком надвисоких частот для перевантаження, сушіння та оброблення від шкідників і грибків сільськогосподарських та інших матеріалів : пат. 153814 Україна, МПК: B65G49/00, B02B5/00, B02B 7/02, A23B9/06. № u202301518 ; опубл. 31.08.2023. Бюл. №35/2023.

УДК 631.3:631.372.2:631.86:633.1

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБІТКУ ОБЧІСАНОЇ СОЛОМИ

Пахучий А.М.
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Одним із ключових чинників ефективності сучасного землеробства є рівномірний розподіл післяжнивних рослинних

решток на поверхні поля. У традиційних технологіях збирання врожаю подрібнена солома часто розподіляється нерівномірно, утворюючи скупчення, що негативно впливають на якість наступних технологічних операцій.

Використання сучасних комбайнових систем подрібнення та розкидання лише частково розв'язує проблему, оскільки навіть при їх застосуванні нерідко спостерігається концентрація соломи у вигляді вузьких смуг позаду машини.

Застосування обчісуючих жниварок дозволяє зняти проблему розподілу соломи, адже основна маса стебел залишається на корені, створюючи більш сприятливий агрофон для наступних культур та зменшуючи навантаження на комбайн. Водночас виникає інша проблема − необхідність розробки ефективних механіко-технологічних процесів обробітку обчісаної соломи, яка у великій кількості залишається на полі. Відсутність уніфікованих рішень щодо її використання обумовлює необхідність розробки узагальненої схеми прийняття технологічних рішень із врахуванням кількісних та якісних характеристик соломи, ґрунтово-кліматичних умов, морфології культур і структури сівозміни.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні роботи [1] свідчать, що подрібнення й інкорпорація соломи у ґрунт позитивно впливають на його структурний стан, водоутримувальну здатність і мікробіологічну активність. Інші дослідження [2] відзначають переваги обчісуючих жниварок у зменшенні навантаження на комбайн та збереженні вологи, проте наголошують на складності подальшого використання великих обсягів стоячої соломи.

Мета досліджень. Обґрунтувати та розробити математичну модель механіко-технологічних процесів поводження з обчісаною соломою після збирання врожаю, що дозволяє оцінити її вплив на якість подальших агротехнічних операцій (посів, обробіток ґрунту), а також визначити оптимальні технологічні рішення з урахуванням агроекологічних та економічних критеріїв.

Результати досліджень. Для опису процесів поводження з обчісаною соломою після збирання врожаю побудовано узагальнену модель, яка враховує: просторово-часовий розподіл рослинних решток; динаміку їх мінералізації; вплив залишків на якість посіву; техніко-економічні обмеження машинно-технологічних операцій.

Для опису процесів поводження з обчісаною соломою після збирання врожаю побудовано узагальнену математичну модель, яка враховує просторово-часовий розподіл рослинних решток.

Для кожної ділянки поля i=1..N та моменту часу t=0..T:

$$S_i(t+1) = S_i(t) - R_i(t) - D_i(t) + \sum_{j \in N(i)} T_{j \to i}\,(t), \quad (1)$$

де $S_i(t)$ – маса соломи на ділянці *i у момент t* (кг·м$^{-2}$).

$R_i(t) = \sum_k u_i^{(k)}\, r^k(v)$ – маса соломи, оброблена технологією k, залежно від параметрів техніки u,

$D_i(t)$ – маса, що мінералізувалася,

$T_{j \to i}\ (t)$ – маса рослинних решток, що переміщується від сусідніх ділянок $N_{(i)}$ механічне розкидання.

Рівняння розкладання решток першого порядку:

$$D_i(t) = S_i(t)[1 - exp(-k_{min}(T_i, W_i, f_i)\Delta t)], \quad (2)$$

де k_{min} залежать від температури ґрунту T_i, вологості W_i та фракційного складу решток f_i.

Рівняння впливу рослинних решток на якість посіву, що описує ймовірність успішного заглиблення насіння на ділянці *i:*

$$P_i = \frac{1}{1+exp[-(\beta_0+\beta_1 S_i+\beta_2 f_i+\beta_3 v+\beta_4 W_i)]}, \quad (3)$$

де β_j – коефіцієнти, v – параметри робочих параметрів сівалки.

Багатокритеріальна оптимізація технології за мету ставиться знайти оптимальний вибір технологічних операцій v_i^k та параметрів техніки v, що максимізує врожайність, мінімізує витрати та нерівномірність розподілу соломи:

$$\max F_1 = \sum_i Y_i\, A_i, \quad \min F_2 = \sum_k c^{(k)} \sum_i u_i^{(k)}\, A_i, \min F_3 = Var_i(S_i(T)),$$

де A_i – площа ділянки, $c^{(k)}$ – вартість технологічної операції, $Var_i(S_i(T)$ – дисперсія рослинних решток.

Ця модель дозволяє кількісно оцінювати вплив різних технологічних рішень на розподіл соломи, якість посіву та врожайність, а також інтегрувати техніко-економічні обмеження при плануванні машинно-технологічних операцій.

Висновок: Запропонований підхід дозволяє кількісно оцінювати наслідки різних варіантів поводження з соломою для агроекологічних і економічних параметрів виробництва та забезпечує підґрунтя для оптимізації машинно-технологічних операцій. Реалізація моделі на практиці сприятиме раціональному використанню післяжнивних решток, підвищенню родючості ґрунту, стабільності врожайності та загальній продуктивності агросистем.

Список використаних джерел

1.Patel, A., Singh, K.P., Roul, A.K. et al. (2024). Design and assessment of tractor-driven chopping tilling and mixing machine for in-situ management of paddy straw. *Scientific Reports*. Vol. 14(17254). https://doi.org/10.1038/s41598-024-674810

2. Mingxi, Li, Shahzad, Al., Shaik, Al.H., Aqil, Kh., Yan, Ch. (2024).Diverse tillage practices with straw mulched management strategies to improve water use efficiency and maize productivity under a dryland farming system. *Heliyon*. Vol. 10(8). doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29839.

3. Pakhuchyi A Experimental Substantiation of the Rational Parameters for a Reaping Machine of the Comb Type for Harvesting Oil Flax Seeds Kozachenko O., Pakhuchyi A., Shkregal O., Sorokin S, Dyakonov S., Gusarenko N, Kadenko V. // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol 5, № 1 (107), 2020. с. 64 – 69.

УДК 631.355.2:631.314.1

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК

Корчак М.М., Рудь А.В., Грушецький С.М.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. При запропонованому способі обробітку поля, засміченого рослинними залишками кукурудзи, послідовно здійснюються процеси перерізу довгих та грубих рослинних залишків, процеси розподілу по рядках, ущільнення, притискання до ґрунту та орієнтування, подрібнення згорненої рослинно-земляної маси, процес вирівнювання обробленої поверхні ґрунту з одночасним шлейфуванням [1].

Процес перерізу здійснює перерізання довгих та грубих стебел в міжряддях з одночасним очищенням їх від забивання. Процес розподілу призначений для спрямування рослинних залишків з міжрядь на рядки. Процес ущільнення забезпечує втрамбовування згорнених рослинних залишків та сприяє кращому підготовленню до процесу подрібнення. Процес притискання та орієнтування забезпечує стискання та спрямування згорненої листостеблової маси в зони подрібнення. Процес подрібнення здійснює обробіток згорнених рослинних залишків та ґрунту шляхом фрезерування. Процес вирівнювання з одночасним шлейфуванням забезпечує краще розпушення та вирівнювання обробленої поверхні поля. Кожен процес сприяє кращому протіканню наступного. Дослідження впливу котка на ущільнення рослинних залишків потрібні для обґрунтування його конструктивних параметрів.

Аналіз останніх досліджень. Пасивні робочі органи в комбінованих ґрунтообробних машинах удосконалюють фірми зарубіжних країн: Kongskilde, Kvernelend, Dal – Bo, Franquet та ін. Вони впроваджують різні

типи котків та вирівнювальні робочі органи із забезпеченням стабільної дії на ґрунт.

В наукових дослідженнях обґрунтовуються технологічні параметри та ущільнюючий вплив різних типів котків. Такі котки задовільно працюють, однак є масивними та мають великий тяговий опір [2].

Залишається не дослідженою взаємодія котків з іншими типами робочих органів, не вивчено процес ущільнення рослинних залишків котками по рядках посіву грубостеблових культур та не встановлено умови надійного його виконання, відсутні рекомендації стосовно ефективності застосування котків в комбінованих агрегатах.

Мета досліджень. Обґрунтувати технологічні параметри робочого органу для ущільнення рослинних решток кукурудзи по смугах обробітку.

Результати досліджень. Процес ущільнення згорнених грубостеблових залишків при запропонованій технології обробітку поля виконують котки. Робочим органом котка є циліндрична поверхня, а основні технологічні параметрами – діаметр і ширина. Коток ущільнює згорнену рослинну масу по рядках посіву грубостеблових культур. Щоб дослідити (виявити) дію котка на рослинні залишки, розглянемо його взаємодію із сформованим стебловим валком.

Від дії сили *N* на стебла виникають сили тертя F_2 (рис. 1) між ободом котка і стеблами, які направлені в сторону, зворотню напрямку руху котка.

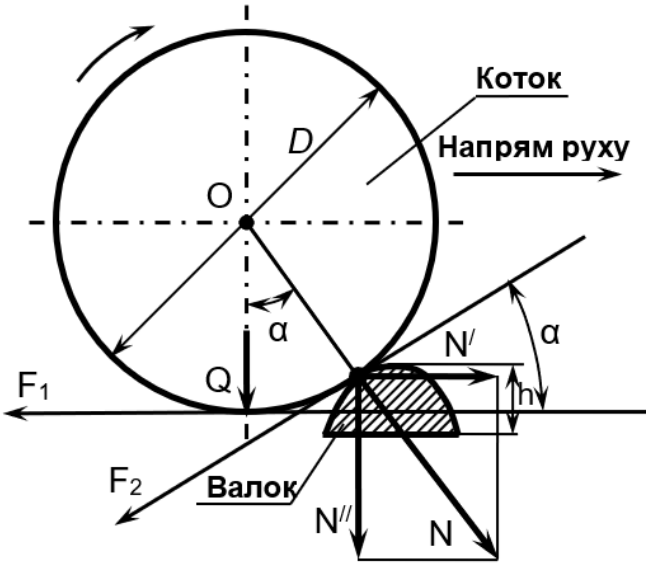


Рис. 1. Схема дії котка на стебла: *h* – висота валка; *D* – діаметр котка; *α* – кут між горизонталлю і дотичною до кола котка, проведений в точці дотику його із стеблами; *N* – сила, нормальна до поверхні котка в точці дотику із стеблами

Защемлення стебел між котком і поверхнею поля проходить у тому випадку, коли [3]:

$$F_1 + F_2 \cdot \cos\alpha > N^{/}, \quad (1)$$

але $$N^{/} = N \cdot \sin\alpha\,. \quad (2)$$

$$F_2 = N \cdot tg\varphi_2, F_1 = Q \cdot tg\varphi_1\,. \quad (3)$$

$$Q = N^{//} + F_2 \sin\alpha = N \cdot \cos\alpha + N \cdot tg\varphi_2 \cdot \sin\alpha\,. \quad (4)$$

Провівши скорочення на N, і розділивши на $\cos\alpha$, одержимо:

$$\alpha \le \frac{tg\varphi_1 + tg\varphi_2}{1 - tg\varphi_1 \cdot tg\varphi_2}, \text{ або } tg\alpha \le tg(\varphi_1 + \varphi_2). \quad (5)$$

Стебла не будуть переміщуватись перед котком при умові:

$$\alpha \le \varphi_1 + \varphi_2\,. \quad (6)$$

Кут α залежить від висоти стебел $h_{заг.ст}$ і діаметра котка $D_к$.

$$tg\alpha = \frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha} = \frac{2\sqrt{hD_к - h^2}}{D_к - 2h}\,. \quad (7)$$

Відповідно

$$tg(\varphi_1 + \varphi_2) \ge \frac{2\sqrt{hD_к - h^2}}{D_к - 2h}\,. \quad (8)$$

Знаючи кути тертя φ_1 і φ_2 та діаметр котка D, можна визначити висоту стебел, які ущільнює коток, не переміщуючи їх вперед.

Кут обхвату обода котка:

$$\cos\alpha = \frac{(r-h)}{r} = \frac{(D_к - 2h)}{D_к} = 1 - \frac{2h}{D_к}, \quad (9)$$

де $D_к$ – діаметр котка; h – глибина колії котка.

Задавши глибину колії котка і кут обхвату, можна визначити допустимий мінімальний діаметр котка.

$$D_к \ge \frac{2h_{заг.ст}}{(1-\cos\alpha)}. \quad (10)$$

Отже, для ущільнення згорнених стебел висотою $h_{заг.ст}$ діаметр котка повинен задовольняти наступній умові:

$$D_к \ge h_{заг.ст} \cdot ctg\frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}, \quad (11)$$

де $h_{заг.ст}$ – загальна висота згорнених стебел;

φ_1, φ_2 – відповідно кути тертя стебел до котка та ґрунту;

Ущільнюючу дію котка визначаємо за формулою [3]:

$$P = 9{,}8 \cdot \frac{m}{b}, \quad (12)$$

де m – маса котка, кг; b – ширина котка, см;

P – питомий тиск, що припадає на 1см ширини котка, Н/см.

Мінімальне значення діаметра котка може бути визначене по умові недопущення намотування стебел на коток із співвідношення [3]:

$$D_к \ge \frac{l_{c\max}}{\pi}, \quad (13)$$

де $D_к$ – діаметр барабана котка, см;
$l_{c\ max}$ – максимальна довжина стебел [4], см.

Ширина котка рівна:

$$B_к = B_{фр} = d_к, \tag{14}$$

де $d_к$ – діаметр кореневища [4], см.

Тяговий опір котка:

$$P_к = 0{,}86 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{G^4}{g_0 \cdot B_к \cdot D_к}}, \tag{15}$$

де G – сила тиску котка на рослинні залишки та ґрунт;
g_o – коефіцієнт об'ємної деформації ґрунту.

Затрати потужності:

$$N_к = P_к \cdot V_п, \tag{16}$$

де $P_к$ – тяговий опір котка; $V_п$ – поступальна швидкість.

Висновок. Дослідження прикочувального котка дали змогу обґрунтувати основні його параметри: діаметр $D_к$ = 0,20…0,24 м, ширина $b_к$=0,20…0,25 м. Обґрунтований прикочувальний коток реалізований у розробці комбінованого подрібнювача рослинних залишків грубостеблових культур.

Список використаних джерел

1. Корчак М.М. Розробка комбінованого способу та подрібнювача для ґрунту, засміченого рослинними залишками/ Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. Львівський національний агроуніверситет, 2009. №13, т. 1. С. 155-163.

2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

3. Корчак М.М. Дослідження характеру засміченості поля листостебельними та кореневими залишками після збирання кукурудзи / М.М. Корчак, С.В. Єрмаков // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. 2007. Вип. 15. С. 498-504.

УДК 633.78:631.543

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ШИРИНИ МІЖРЯДЬ І СХЕМ ПОСІВУ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО

Ткач О.В., Аморциту О.В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Цикорій коренеплідний (Cichorium intybus) - цінна продовольча і технічна культура, що дає цілий ряд харчових продуктів, в тому числі і для дієтичного харчування. Коренеплоди цикорію,

що містять інулін і цілий комплекс корисних речовин, можуть служити сировиною для кондитерського, фармацевтичного і спиртового виробництва, додавання в каву і виробництво її замінників.

У зв'язку з цим найважливішим завданням з розвитку та організації виробництва цикорію є впровадження прогресивної технології обробітку цієї цінної культури.

Результати досліджень. Відомо, що ширина міжряддя і норма посіву визначають густоту і рівномірність розподілу рослин цикорію коренеплідного по площі живлення.

Досвід виробництва цикорію коренеплідного показує, що максимальна продуктивність досягається при густоті насадження до початку збирання в розмірі 150-180 тис/га. Однак підвищення врожайності в міру збільшення густоти насадження відбувається не лінійно. В результаті досліджень ІБКіЦБ була виявлена закономірність зростання врожаю коренеплодів (*Ук*) зі збільшенням густоти насадження, представлена експериментальною залежністю з рівнем довірчої ймовірності не менше 80 % [1,2,5]:

$$Ук = f(Г) = \sin(А х Г),$$

де *Г* – величина густоти насаждения.

Така залежність дотримується за умови, що $А х Г < 90°$, а *Г* – не перевищує 150–180 тис/га.

Очевидно, що при цьому оптимальна величина площі живлення однієї рослини близька до 650 см^2.

Продуктивність цикорію, поряд з величиною площі живлення, залежить також від форми цієї площі, найоптимальнішою з яких є квадрат. У зв'язку з цим останнім часом з'явилася думка про доцільність схем посіву з більш вузькими (наприклад, 30 см) міжряддями. Однак через необхідність перебудови всієї системи обробітку цикорію коренеплідного такі схеми на практиці не застосовують.

В даний час вдосконалення технологічних прийомів відбувається не за рахунок зменшення, а за рахунок збільшення ширини міжряддя. В Європі та США все більшого поширення набувають міжряддя шириною понад 45 см. До цього прив'язаний випуск техніки, що дозволяє обробляти і збирати з міжряддями 50-56 см і більше. Однак умовою успішного застосування більш широких міжряддя є збереження густоти насадження не менше 100 тис. рослин на гектар до початку збирання. Проте, в ряді випадків доцільно поєднувати відносно вузькі (45 см) з більш широкими (90 см) міжряддями в межах ширини захвату сівалки [3, 4, 5].

Перш за все, слід зазначити, що у виробничій практиці Європи поширені посіви з технологічною колією. Для цього під час сівби по обидва боки від двох центральних рядків з міжряддям 45 см утворюються два міжряддя шириною по 90 см, що дозволяють використовувати трактори з

більш широкими колесами (гусеницями), що значно зменшує ущільнення ґрунту в рядках, прилеглих до колії. В результаті, незважаючи на втрату двох рядків, урожай коренеплодів істотно зростає. Також з'являється можливість успішно застосовувати сучасні трактори. Слід зауважити, що постійна колія дуже ефективна при обробці посівів гербіцидами.

Крім того, успішно застосовуються технології обробітку цикорію коренеплідного з постійним чергуванням міжрядь шириною 45 і 90 см. Вченими і практиками доведено, що в порівнянні зі звичайною технологією (всі міжряддя рівні 45 см), вона не призводить до зниження продуктивності посівів.

Вивчаючи технологію сівби за схемою 90+45 см, вчені ІБКіЦБ встановили, що формування 4,5–5 рослин на 1 м рядка призводить до зменшення густоти насадження на 30 %, а отже до зниження врожаю на 10–11 %. Урожай не знижується в тому випадку, якщо при такій комбінованій схемі забезпечити густоту насадження не менше 100 тис. рослин на 1 га, тобто сіяти необхідно не з розрахунку на отримання 4,5–5,0, а 6–6,5 рослин на 1 м. Глибоке (до 15–20 см) розпушування ґрунту по осьових лініях широких міжрядь в післясходовий період дозволить збільшити продуктивність цикорію коренеплідного на 8–10 % в порівнянні з показниками врожайності в результаті звичайної технології.

Технології з чергуванням міжряддя шириною 45 і 90 см особливо ефективні, якщо застосовувати дворядні причіпні комбайни фірми Stoll (модель V202) і F.Kleine (модель KR-2), що агрегатуються з тракторами потужністю не менше 75 к.с. (наприклад Беларус-892).

Вони мають продуктивність на рівні 0,3–0,5 га/год при збиранні посівів з міжряддями 45 см. Очевидно, що при чергуванні міжряддя 45 і 90 см, ширина захвату дворядного збирального агрегату зростає з 0,9 до 1,35 м, тобто в 1,5 рази.

Висновок. Таким чином, продуктивність збирального агрегату підвищиться до 0,45–0,75 га/год. При звичайній тривалості періоду збирання цикорію коренеплідного в межах 300 годин і більше такий комбайн здатний зібрати за сезон 135 га, і це – не межа. При цьому він може відвезти коренеплоди на спеціально підготовлені майданчики на краю поля і сформувати тимчасові польові кагати, не потребуючи додаткового технологічного транспорту. Такий збиральний агрегат може обслуговувати один тракторист. На збирання гектара буде витрачатися до 2,5 людино-годин і до 20-25 л. пального. Витрати на придбання такого причіпного комбайна на порядок нижчі, ніж на придбання 6-рядних самохідних комбайнів, що істотно здешевить процес збирання цикорію.

Список використаних джерел

1. Tkach O., Pantsyreva H., Ovcharuk O., Ovcharuk V., Padalko T., Tkach L, Amorcite O. Influence of feeding area on development, productivity and

nutritional value of chicory. Estonian University of Life Sciences. Agronomy Research. 2024. Vol. 22 (1) P. 301-312.

2. Ткач О.В., Овчарук О.В., Овчарук В.І., Ткач Л.В., Аморциту О.В. Вплив комплексу системи обробітку ґрунту на особливості проростання і показники харчової цінності цикорію. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський, 2023. Вип. 1 (38). С.64-69.

3. Ткач О.В. Урожайність коренеплодів цикорію залежно від густоти рослин Таврійський науковий вісник. Науковий журнал. Херсон, 2020. Вип. 112. С. 150-156.

4. Ткач О.В. Продуктивність цикорію коренеплідного залежно від способу вирощування з комбінованою шириною міжрядь. Зб. наук. праць Уманського НУС. Умань, 2020. Вип. 96. Ч. 1. С.592-605.

5. Яценко А.О. Цикорій коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: Навчальний посібник.- Умань: ФІЦБ УААН, 2003.-161 с.

УДК 633.3 (075.5)

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТВЕРДОСТІ ГРУНТУ

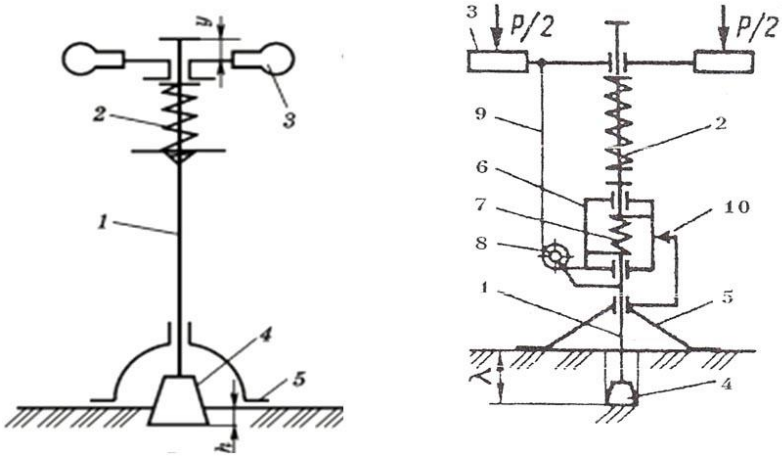
Рудь А.В., Грушецький С.М., Корчак М.М., Замойський С.М., Краснолуцький П.П.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Грунт – основний засіб сільськогосподарського виробництва, найважливішою властивістю якого є його родючість, а вона в значній мірі залежить від його твердості.

Однією з властивостей грунту є його твердість, тобто здатність створювати опір проникненню в нього твердого тіла. Вона є величиною відносною, так як залежить від методів її вимірювання. Більшість робочих органів ґрунтообробних машин та їх опорні поверхні при взаємодії з ґрунтом зминають його. При визначенні показників опору грунту зминанню використовують різні за конструкцією твердоміри: ударної дії, статичного навантаження, пістолетного типу та динамометричні (рис. 1). Найбільше поширення мають динамометричні твердоміри, із записом діаграм твердості на папір на плоскій металевій пластині (рис. 1, а) [1] і на циліндричному барабані.

Аналіз останніх досліджень. Недоліком динамометричних твердомірів є необхідність записувати діаграму твердості грунту з

подальшим розшифровуванням записаних даних і знаходженням твердості грунту, що знижує оперативність дослідження. Крім того, глибина ходу плунжера твердомірів не перевищує глибини орного шару, що не дає змоги досліджувати переущільнення підорного шару грунту, а ці знання необхідні при сучасних технологіях вирощування сільськогосподарських культур.



а б

Рис. 1. Динамометричні твердоміри: а) із записом діаграми твердості на папір на плоскій металевій пластині: 1 – штанга; 2 – пружина; 3 – рукоятка; 4 – плунжер; 5 – упор; б) із записом діаграм твердості на папір на циліндрі: 1 – штанга; 2 – пружина; 3 – рукоятка; 4 – наконечник; 5 – упор; 6 – барабан; 7 – пружина кручення; 8 – ролик; 9 – трос; 10 – олівець

Цих недоліків позбавлені ручні пенетрометри фірм DICKEJ-john (США) (рис. 2) і DATAFIELD з GPS та GSM.

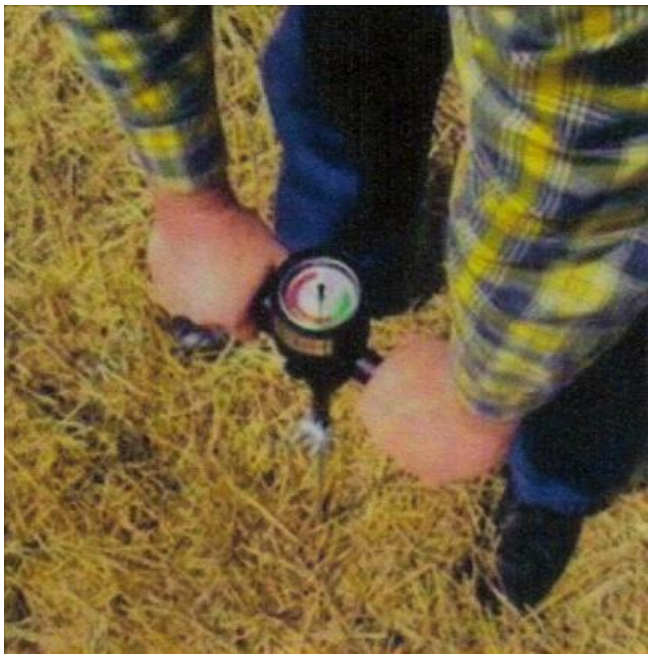


Рис. 2. Пенетрометр фірми DICKEJ-john під час пенетрації ґрунту

Мета досліджень. Обгрунтувати можливість використання сучасних конструкцій пенетрометрів для дослідження переущільнення грунтів.

Результати досліджень. В комплект обладнання пенетрометра фірми DICKEJ-john входять: основний елемент, манометр, дві металеві деталі – наконечники – як для твердих, так і для більш легких ґрунтів. На циферблаті манометра нанесені дві шкали (для двох різних наконечників), які розмічені у фунтах на квадратний дюйм (PSI). Кольорами на індикаторі умовно позначені зони компактності: зелений, жовтий та червоний сектори. Так, в зеленому секторі коренева система рослин сільськогосподарських культур розвивається добре, у жовтому – середньо, а в червоному – погано.

Для спрощення переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри пропонуємо номограму (рис. 3).

Рис. 3. Номограма переведення показів манометра пенетрометра з одиниць PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри

Традиційно, під час дослідження ґрунтів на їх ущільнення, крім опору пенетрації використовують термін «твердість ґрунту». Це терміни-аналоги, але використання терміну «опір пенетрації» більш фізично реально, так як «твердість ґрунту» – опір матеріалу втисканню – не є постійною фізичною величиною, а є складною властивістю, що залежить, як від міцності та пластичності ґрунту так і від методу вимірювання.

Критичним значенням опору пенетрації, при якому затруднено проникання коренів рослин в ґрунт і рослини починають замітно реагувати, вважається величина біля 3 МПа (≈30 кг/см2).

Аналіз отриманих топоізоплет значень опору пенетрації ґрунту на різних глибинах, який був визначений за допомогою ручного пенетрометра фірми DICKEJ-john на полях фермерського господарства «Романів Агро» та приватного підприємства «Аграрна компанія 2004», показав, що значним варіюванням значень твердості ґрунту характеризуються поверхневі горизонти ґрунту.

Виявлено чіткий вплив обробітку ґрунту на глибині 20-25 см, де чергування розпушених і ущільнених зон відповідає напрямку руху сільськогосподарської техніки. Більш глибокі шари ґрунту, глибше 30 см, вже не взаємодіяли з корпусами плуга і, як наслідок, спостерігається підвищена однорідність опору пенетраці ґрунту досліджуваної ділянки.

Висновок. Аналіз конструкцій пенетрометрів різних типів дають можливість дослідникам твердості грунтів підібрати найбільш зручний та підходящий для використання в роботі. Запропонована номограма переведення показів манометра пенетрометра DICKEJ-john з одиниць PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри.

Список використаних джерел

1. Пенетрометр DICKEY-john – механический тестер проверки проницаемости почвы. Запорожье, Полетехника, 2011. 4 с.

2. Іванишин В.В., Рудь А.В., Мошенко І.О. та ін. Рекомендації з використання тестера (пенетрометра) для дослідження компактності ґрунту / За ред. А.В. Рудя. Кам'янець-Подільський, ПДАТУ, 2016. 15 с.

3. Рудь А.В. Методичні рекомендації для розущільнення ґрунтів і вибору оптимального складу машинно-тракторних агрегатів для розущільнення / Рудь А.В., Корчак М.М., Грушецький С.М. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2024. 16 с.

4. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. У 2 т: Т. 1 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. Київ: Агроосвіта, 2012. 584 с

5. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. У 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. Київ: Агроосвіта, 2012. 434 с.

6. Інструкція з використання ручного пенетрометра DATAFIELD. info@datafild.com.ua.

УДК 531.4:539.3:004.942

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ВОЛОКНА ЩІТКИ ТА ЙОГО ВЗАЄМОДІЇ З ЧАСТИНКАМИ МАТЕРІАЛУ

Литвинов І.В., Алієв Е.Б., Пономаренко Н.О.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Проблема ефективного моделювання взаємодії волокон щіткових робочих органів із частинками матеріалу полягає у складності опису їхньої пружно-деформівної поведінки та контактної

динаміки, що має нелінійний і багатофакторний характер. З метою підвищення точності прогнозування процесів очищення, переміщення чи сепарації сипких матеріалів необхідно створити фізико-математичний апарат, який описує напружено-деформований стан окремого волокна під дією зовнішніх сил і контактів з частинками, а також дозволяє чисельно моделювати цей процес за допомогою методів скінченних і дискретних елементів [1].

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження [2–3] у сфері механіки волокнистих і щіткових систем зосереджені на вивченні деформаційних властивостей гнучких елементів та їхньої взаємодії з сипкими середовищами за допомогою чисельного моделювання. Значна увага приділяється застосуванню методів скінченних (FEM) і дискретних елементів (DEM) для аналізу контактних процесів між волокнами та частинками матеріалу. У роботах зарубіжних авторів розроблено моделі поведінки окремого волокна під дією динамічних навантажень і багатоелементних контактів, що дозволяють визначати напруження, вигини та втрати енергії. Також дослідження переважно спрямовані на експериментальне визначення жорсткості волокон, оцінку їхнього впливу на ефективність очищення або сепарації матеріалу. Водночас комплексні моделі, які поєднують механіку деформації волокна з динамікою частинок, залишаються недостатньо розвиненими. Це зумовлює потребу у створенні узагальненого фізико-математичного апарату чисельного моделювання, що дозволить достовірно відтворювати реальні процеси взаємодії волокон і частинок у різних технологічних системах.

Мета досліджень є розроблення фізико-математичного апарату чисельного моделювання деформації волокна щітки та його взаємодії з частинками матеріалу під час очищення сит.

Результати досліджень. Подальший виклад зосереджено на аналізі фізико-математичного апарату чисельного моделювання деформації волокна щітки та його застосуванні до задачі очищення сит. Сферо-циліндр волокна складається з циліндра, на кінцях якого розташовані напівсфери (рис. 1). Сферо-циліндри з’єднуються в центрах півсфер, і ці точки з’єднання визначаються як вузли. У моделюванні використано модифіковану модель нормальної контактної сили сферо-циліндрів. Для контакту двох сферо-циліндрів можливі три типи дотику: «сфера–сфера», «сфера–циліндр» та «циліндр–циліндр» (рис. 1). Через різницю у розмірі та формі площі контакту моделі контактних сил для цих випадків відрізняються.

Для контакту «сфера–сфера» нормальна контактна сила за моделлю Герца:

$$F_n = \frac{\sqrt{2r}}{3}\frac{E_c}{1-\nu^2}\delta_n^{3/2}, \qquad (1)$$

де E_c – модуль пружності матеріалу волокна в точках контакту, ν – коефіцієнт Пуассона.

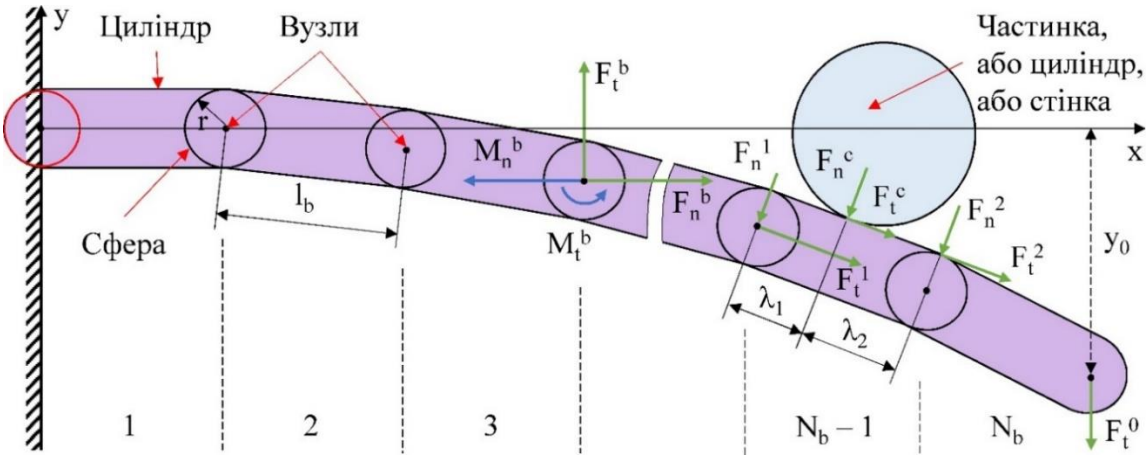


Рис. 1 Розрахункова схема взаємодії сферо-циліндрового волокна із частинками

Для контакту «сфера–циліндр»:

$$F_n = \sqrt{\frac{8r}{27}}\alpha^{-3/2}\frac{E_c}{1-\nu^2}\delta_n^{3/2}, \qquad (2)$$

де параметр α, що залежить від форми площі контакту.

У випадку паралельного контакту «циліндр–циліндр» нормальна сила пропорційна перекриттю:

$$F_n = \frac{\kappa\pi L_c}{2\left(1{,}8864 + \ln\frac{L_c}{2b}\right)}\frac{E_c}{1-\nu^2}\delta_n, \qquad (3)$$

де L_c – довжина площі контакту вздовж головної осі, $b = \sqrt{2r\delta_n}$ – ширина площі контакту, κ – експериментально визначена константа.

Для косого контакту «циліндр–циліндр» сила залежить від кута θ між головними осями. Спрощена бі-лінійна модель має вигляд: мінімальна сила при перпендикулярному розташуванні θ = π/2:

$$F_n^{min} = \frac{2}{3}\kappa\sqrt{r}\alpha^{-3/2}\frac{E_c}{1-\nu^2}\delta_n^{3/2}, \qquad (4)$$

максимальна сила при паралельному контакті θ = 0:

$$F_n^{max} = \frac{\kappa\pi L_c}{2\left(1.8864 + \ln\frac{L_c}{2b}\right)}\frac{E_c}{1-\nu^2}\delta_n. \qquad (5)$$

Таким чином, нормальна контактна сила для косого контакту «циліндр–циліндр» описується співвідношенням:

$$F_n = \begin{cases} F_n^{max} - \dfrac{10\left(F_n^{max} - 2F_n^{min}\right)}{\pi}\theta, & 0 \le \theta \le 0{,}1\pi, \\ 2F_n^{min} - \dfrac{5F_n^{min}}{2\pi}\left(\theta - 0{,}1\pi\right), & 0{,}1\pi \le \theta \le 0{,}5\pi. \end{cases} \quad (6)$$

Для контакту «сферо-циліндр – стінка» існують два варіанти: паралельний і похилий. Для паралельного контакту:

$$F_n = \frac{\kappa\pi L_c}{\left(1.8864 + \ln\dfrac{L_c}{2b}\right)} \frac{E_c E_w}{\left(1-\nu_w^{\,2}\right)E_c + \left(1-\nu^2\right)E_w}\delta_n, \quad (7)$$

де $b = 2\sqrt{r\delta_n}$, , L_c – довжина циліндричної частини елемента, E_w, ν_w – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона стінки.

Контакт між сферичною частиною та стінкою:

$$F_n = \frac{4\sqrt{r}}{3} \frac{E_c E_w}{\left(1-\nu_w^{\,2}\right)E_c + \left(1-\nu^2\right)E_w}\delta_n^{\,3/2}, \quad (8)$$

Варто зазначити, що хоча перекриття залишається однаковим при переході від одного типу контакту до іншого (наприклад, «сфера–сфера» → «сфера–циліндр»), величина нормальної сили змінюється стрибкоподібно через зміну геометрії контакту.

Висновок. Запропонований фізико-математичний апарат забезпечує можливість адекватного опису напружено-деформованого стану волокон щітки під час контакту з частинками матеріалу, що є необхідним для достовірного чисельного моделювання процесу очищення сит. Отримані співвідношення створюють основу для подальшої розробки динамічної моделі системи «волокно–частинка–стінка» та оптимізації конструктивних і режимних параметрів щіткових пристроїв.

Список використаних джерел

1. Алієв Е.Б. (2023). Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 340 с. ISBN 978-966-540-584-9. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9

2. Завгородній О.І. Наукові основи процесів очищення отворів решіт зерноочисних машин: автореф. дис. на здобуття ступеня д–ра техн. наук: спец. 05.05.11 , Харків, 2001. 20 с.

3. Задорожній О., Мороз С.М., Васильковський О.М. (2023). Аналіз конструкцій очисних пристроїв гравітаційних решіт з коливальним рухом решітного стану зерноочисних машин загального призначення. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 53: 237–246.

UDC 631.362

HYDRODYNAMICS AND KINEMATICS OF GRAIN MOTION IN A FLUIDIZED BED OF A CONICAL VIBRO-CENTRIFUGAL CENTRIFUGE

Stepanenko S.P., Melnyk V.A.
Institute of Mechanics and Automatics of Agroindustrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

An analysis of grain-separating machines that rely on pneumatic vibro-fluidization, as detailed in a series of fundamental studies [1, 2], suggests that the potential of pneumatic sorting tables has been nearly exhausted. Consequently, further increases in the productivity of seed material separation processes can only be achieved by using vibro-centrifugal machines.

The effectiveness of cylindrical vibro-sieves as working components was demonstrated in earlier works [3, 4]. However, subsequent research [5, 6] revealed their drawbacks, leading to a justification for the use of cascading conical sieves. Their efficiency was confirmed both theoretically and experimentally in work [5].

The existing mathematical models for vibro-centrifugal separation [2-5] have certain limitations: they only describe the movement of grains on a conical surface that rotates around a vertical axis and oscillates in a vertical plane. These models, however, do not account for intra-layer processes or changes in the radial coordinate of the grain along the height of the cone. Although the movement of a grain within a vibro-centrifugally fluidized layer has been theoretically considered in works [4, 6], changes in its radial coordinate, both inside the layer and on its surface, were not included in the mathematical descriptions.

Thus, there is a need to refine the current models of seed material separation processes using conical rotational-vibrational surfaces.

The technology for sorting seeds by density, which is the most important quality indicator, involves pre-cleaning and sizing on sieves and trieurs, followed by a final separation in a conical vibro-centrifugal centrifuge. In general terms, the vibro-pneumatic separation of seeds on the surface of a conical centrifuge can be viewed as the stratification of seeds in a moving fluidized bed. This process is a redistribution of seeds throughout the layer's thickness under the influence of vibration, airflow, and centrifugal force. As a result, "light" seeds (with a density below average) "float" to the open surface, while "heavy" ones sink deep into the layer, toward the rotor's supporting surface. The hydrodynamic interaction between the fluidized bed, formed by air jets, and the grain medium is a rather complex process. Therefore, an analytical justification is a key condition for improving the efficiency of this method of grain separation.

Hydrodynamic drag, which a body experiences when moving within a granular medium, is comprised of two distinct forces: pressure drag (P_P) and frictional drag (P_T).

$$P = P_P + P_T$$

The pressure resistance force (P_P) can be calculated using the formula:

$$P_P = 0{,}5 c_d S \rho V^2$$

where c_d is the pressure resistance coefficient (or drag coefficient); S is the characteristic cross-sectional area of the body being streamlined by air; ρ is the density of the grain medium; V is the body's velocity (or speed of the body's movement).

The frictional resistance force (P_T) is determined by the formula:

$$P_T = 0{,}5 c_T F \rho V^2$$

where c_T is the frictional resistance coefficient; F is the surface area of the grain that is in contact with other grains and moving within the grain medium.

Based on these dependencies, the total resistance (P) can be expressed as:

$$P = 0{,}5 S \rho V^2 \left(c_d + c_T \frac{F}{S} \right)$$

The total resistance coefficient (C) for the body's movement is therefore calculated as:

$$C = \left(c_d + c_T \frac{F}{S} \right)$$

To estimate the pressure drag coefficient for bodies with poor streamlining, let's consider the axisymmetric potential flow around a spherical particle. It is positioned perpendicular to the flow of an incompressible fluid. The non-viscous flow in a cylindrical coordinate system (r, φ, z) is described by the equations of motion:

$$\vartheta \frac{\partial \vartheta}{\partial r} + w \frac{\partial \vartheta}{\partial z} = -\rho^{-1} \frac{\partial P}{\partial r}$$

$$\vartheta \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\rho^{-1} \frac{\partial P}{\partial z}$$

continuity equation:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial r} + \vartheta r^{-1} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

Based on the Bernoulli equation, the pressure for our case can be determined as:

$$p_0 - p = 0{,}5 \rho a^2 [r^2 + 4z^2]$$

where p_0 represents the pressure at the stagnation point.

The pressure force on a spherical particle is determined by the following formula:

$$P_P = 2\rho V^2 \int \int r^3 \, dr \, d\varphi$$

Let's consider the pressure drag coefficient for the potential flow around a flat plate, which is also placed perpendicular to the flow. In a Cartesian coordinate system (x, y), the flow is described by the equations of motion and continuity.

In a general form, the frictional resistance coefficient (C_z) can be represented as the sum of three components [3]:

$$C_z = c_1 + c_2 + c_3$$

where c_1 is the frictional resistance coefficient for a body with a hydrodynamically smooth surface; c_2 is the frictional resistance coefficient due to the overall roughness of the body's surface; and c_3 is the frictional resistance coefficient caused by local surface roughness.

The first two coefficients are calculated based on equations derived from boundary layer theory for low-viscosity fluids. The third component, however, is determined experimentally.

The frictional drag coefficient for a smooth particle streamlined by air in the longitudinal direction can be found using the formulas presented in literary sources [1, 3]:

$$c_1 = 0{,}5(\log R^{2{,}6})^{-1}$$

The frictional drag coefficient due to overall roughness exhibits a different dependency on the Reynolds number than the coefficient for a smooth surface. As the Reynolds number increases, the value of the frictional drag coefficient also rises.

The Reynolds number surpasses a certain threshold, the sum of these two coefficients becomes constant and no longer depends on Re. This phenomenon is known as the self-similar region with respect to the Reynolds number. In this region, frictional resistance becomes proportional to the square of the body's velocity.

References

1. S Stepanenko, D Volyk, A Kuzmych, V Melnyk. Theoretical study of the movement of grain particles in a vibro-aerodynamic field. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 24, May 21-23, 2025 Jelgava, Latvia. p. 1091-1096. https://doi.org/10.22616/ERDev.2025.24.TF278

2. Stepanenko, S.; Kotov, B.; Kuzmych, A.; Shvydia, V.; Kalinichenko, R.; Kharchenko, S.; Shchur, T.; Kocira, S.; Kwaśniewski, D.; Dziki, D. To the Theory of Grain Motion in an Uneven Air Flow in a Vertical Pneumatic Separation Channel with an Annular Cross Section. *Processes* 2022, *10*, 1929. https://doi.org/10.3390/pr10101929

3. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, M. Aneliak, D. Volyk, V. Melnyk, R. Kalinichenko. Mathematical modeling of grain movement dynamics in the processes of air-centrifugal separation of grain material. Journal of Central European Agriculture, 2025, 26(2), p.383-393. https://doi.org/10.5513/JCEA01/26.2.4301

4. Stepanenko S., Kotov B., Kuzmych A., Kalinichenko R., Hryshchenko V. Research of the process of air separation of grain material in a vertical zigzag channel. Journal of Central European Agriculture, 2023, 24(1), p.225-235. https://doi:10.5513/JCEA01/24.1.3732

5. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, I. Demchuk, V. Melnyk, D. Volyk. Modelling of aerodynamic separation of grain material in a combined centrifugalpneumatic separator. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 23, May 22-24, 2024 Jelgava, Latvia. p. 1143-1149. https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF236

6. S. Stepanenko, V. Lukach, I. Demchuk, A. Kuzmych, R. Kalinichenko, V. Gerasymenko, V. Vasylyuk. Study of the rotary cleaners of the holes of cylindrical sieves on a vibrocentrifugal separator. PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 100 NR 8/2024. p. 160-163. https://doi.org/10.15199/48.2024.08.33

UDC 631.362

INVESTIGATION OF THE FLUIDIZATION BEHAVIOR OF GRANULAR MATERIAL

Stepanenko S.P., Volyk D.A.
Institute of Mechanics and Automatics of Agroindustrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

The separation of cereal crops in a vibro-pneumofluidized medium is a crucial stage in post-harvest processing, as it improves the quality of the final product. This technological approach relies on differences in the physical properties of individual particles, such as density, size, shape, and surface roughness [1-4]. Unlike conventional methods, which are often based solely on size classification, this method enables the production of fractions differentiated by density, which is particularly important for separating viable seeds from lightweight impurities, as well as from damaged or immature grains.

In modern practice, computational modeling has become a key tool for optimizing and understanding these complex processes. Instead of lengthy and resource-intensive experiments, it allows us to investigate particle dynamics, their interaction with the airflow, and the influence of vibration. This not only accelerates research but also makes it possible to develop virtual prototypes of equipment, enabling the testing of various configurations and operating modes without physical intervention [5-7].

Modeling Methodology and Extended Analysis. To investigate the interaction between the airflow and granular material in detail, the DDPM

(Discrete Droplet Particle Model) was applied. This model treats the system as a two-phase medium: a continuous gas phase (air) and a discrete solid phase (particles).

Gas phase modeling: The airflow is described by the Navier - Stokes equations [3, 4]. To account for gas–particle interactions, an additional term is introduced into the equations, representing the drag force exerted on the gas by the particles.

Discrete phase modeling: Each particle is considered as an individual entity, whose motion is governed by Newton's second law. The equation of motion for a given particle *i* can be expressed as follows [7-9]:

$$m_i \frac{d\vartheta_i}{dt} = F_{drag,i} + F_{lift,i} + F_{pressure,i} + F_{gravity,i}$$

where m_i is the particle mass; ϑ_i is the particle velocity; $F_{drag,i}$ is the aerodynamic drag force; $F_{lift,i}$ is the lift force; $F_{pressure,i}$ is the pressure force; and $F_{gravity,i}$ is the gravitational force.

Interaction force dependencies: The aerodynamic drag force ($F_{drag,i}$) plays a central role in describing fluidization. It depends on the relative velocity between the particle and the gas. The Syamlal - O'Brien model, applied in this study, calculates this force while accounting for the influence of surrounding particles.

$$F_{drag,i} = 0.75\mathrm{C}_d \frac{\rho_g |\vartheta_r|}{\epsilon_p d_p} (\vartheta_g - \vartheta_p)$$

where C_d is the drag coefficient; ρ_g is the gas density; ϑ_r is the relative velocity between the gas and the particle; ϵ_p is the particle sphericity coefficient; and d_p is the particle diameter.

The drag coefficient C_d depends on the particle Reynolds number Re_p and the solid phase volume fraction ε_g. According to the Syamlal - O'Brien model, it can be expressed as [1]:

$$\mathrm{C}_d = [\varepsilon_g]^{-2.65} \left(\frac{24}{Re_p} [1 + 0.15 Re_p^{0.687}] \right)$$

Here, ε_g is the volumetric gas concentration (porosity) $(1 - \epsilon_p)$; while$= \frac{\rho_g d_p |\vartheta_g - \vartheta_p|}{\mu_g}$ signifies the Reynolds number specific to the particle.

The conducted modeling provided a visual and quantitative understanding of the dynamics of the material's transition to a fluidized state. The graph showing the change in the solid-phase volume fraction over time, as presented in Figure 1, serves as clear confirmation of the chosen model's accuracy and its ability to reflect the key stages of the process. The next step in our research will be the implementation of models for vibration and pulsating airflow. These factors have a significant impact on the efficiency of separation and the stability of the fluidized bed.

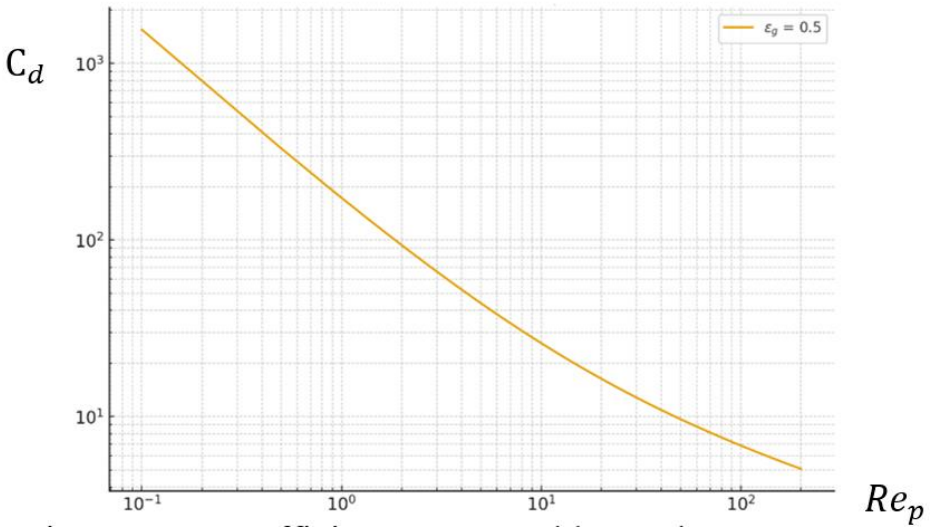


Fig. 1. Drag coefficient C_d Reynolds number Re_p

Incorporating them will enable the creation of a more accurate and practically useful model. This opens the way for developing a new generation of separation equipment for the agricultural industry that operates with higher efficiency and precision.

References

1. Котов Б.І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження): [колект. монографія]. Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва". Київ ; Ніжин : Лисенко М. М. 2017. 551 с.

2. S Stepanenko, D Volyk, A Kuzmych, V Melnyk. Theoretical study of the movement of grain particles in a vibro-aerodynamic field. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 24, May 21-23, 2025 Jelgava, Latvia. p. 1091-1096. https://doi.org/10.22616/ERDev.2025.24.TF278

3. Kotov B., Stepanenko S., Tsurkan O., Hryshchenko V., Pantsyr Y., Garasymchuk I., Spirin A, Kupchuk I. Fractioning of grain materials in the vertical ring air channel during electric field imposition, Przegląd Elektrotechniczny 1 (2023), 100-104. https://doi:10.15199/48.2023.01.19

4. Kaletnik H., Solona O., Kotov B., Stepanenko S., Shvidia V., Kalinichenko R., Tverdokhlib I., Polievoda Y. The usage of the elemental base of the vibratory mill with the spatial circulation movement of material to create drying rig. Przeglad Elektrotechniczny. 2024. Vol. 100, № 3. P. 232-237. https://doi.org/10.15199/48.2024.03.41

5. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, M. Aneliak, D. Volyk, V. Melnyk, R. Kalinichenko. Mathematical modeling of grain movement dynamics in the processes of air-centrifugal separation of grain material. Journal of Central European Agriculture, 2025, 26(2), p.383-393. https://doi.org/10.5513/JCEA01/26.2.4301

6. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, I. Demchuk, V. Melnyk, D. Volyk. Modelling of aerodynamic separation of grain material in a combined centrifugal-pneumatic separator. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 23, May 22-24, 2024 Jelgava, Latvia. p. 1143-1149. https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF236

7. S. Stepanenko, V. Lukach, I. Demchuk, A. Kuzmych, R. Kalinichenko, V. Gerasymenko, V. Vasylyuk. Study of the rotary cleaners of the holes of cylindrical sieves on a vibrocentrifugal separator. PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 100 NR 8/2024. p. 160-163. https://doi.org/10.15199/48.2024.08.33

8. S. Stepanenko, M. Aneliak, A. Kuzmych, S. Kustov, V. Lysaniuk. Improving the Efficiency of Harvesting Sunflower Seed Crops. INMATEH - Agricultural Engineering. Vol. 67, No. 2/2022, p331-340. 9p. https://doi.org/10.35633/inmateh67-34

9. Stepanenko, S., Kotov, B., Spirin, A., Kucheruk, V. (2022) Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity. Bulletin of the Karaganda University. Physics series, 1 (105), 43-57. http://dx.doi.org/10.31489/2022PH1/43-57

UDC 631.362.5:621.867.3

RESEARCH INTO THE USE OF SPIRAL VIBRATORY FEEDERS FOR SEED DOSING IN AUTOMATIC PHENOTYPING SYSTEMS

Elchyn Aliiev, Olexandr Chernii
Dnipro State Agrarian and Economic University

Problem Statement. Modern trends in the development of the agricultural sector require the introduction of high-precision, automated technologies for quality control of crop seeds at the stage of their breeding [1]. One of the key directions in this context is the automatic phenotyping of seeds using machine vision systems [2, 3]. The efficiency of such systems largely depends on accurate and stable seed transportation and dosing, which are ensured by appropriate technical means — in particular, vibratory feeders.

Analysis of Recent Research. According to previous studies [3, 4], a structural and technological scheme of an automatic phenotyping system for agricultural seeds has been developed. To improve the efficiency of such a system, it is necessary to study the interaction between moving bulk particles and the vibrating working element in order to determine the optimal structural and technological parameters of the vibratory conveyor. A large number of scientific works are devoted to finding optimal parameters for the process of vibratory

transportation of various types of bulk materials. In [5], a numerical analysis of the parameters of vertical spiral vibratory conveyors was carried out. By introducing a nonlinear proportional-derivative controller into theoretical dependencies, optimized vibration parameters of the conveyor were obtained. Numerical modeling of particle motion along a vibrating surface with lining was studied in [6]. Models of load particles were created in the form of spheres with an average radius of 0.5 mm. Simulation results showed that the main factors influencing the conveying speed are the static coefficient of friction and the rolling friction coefficient of particles on the conveyor lining. Due to their advantages, vertical vibratory conveyors are widely used not only as conveying machines but also as machines for additional processing of the moving load. Another application of vertical vibratory conveyors for disinfection and pasteurization of barley seeds and wheat flour is presented in [7,8]. The influence of vibrator drive parameters (the tilt angle of the vibromotor axis relative to the horizontal, rotor rotation frequency) on the residence time of transported material in the conveyor trough was investigated. The effect of vibration trajectory type on conveying speed in vertical vibratory conveyors was analyzed in [9]. Experimental results confirmed that for transporting loads with a low friction coefficient, elliptical oscillations of the working body are required. In [10], numerical modeling using the STAR-CCM+ platform was presented to study sunflower seed motion along a vibrating surface with compressed air blowing.

Research Objective. The aim of the study is to analyze the structural features and operating principles of spiral vibratory feeders used for transporting and dosing seeds, in order to determine optimal technical solutions for ensuring uniform and controlled seed feeding in automatic phenotyping systems based on machine vision technologies.

Research Results. Transportation and dosing of agricultural seeds using vibration-based equipment have specific features and subtleties. Each type of seed is characterized by diverse geometric, mechanical-technological, and rheological properties, which significantly affect the performance and dosing accuracy of vibratory conveyors. Therefore, for each seed type, the structural and technological parameters of vibratory feeders must be optimized. Structurally, vibratory conveyors and feeders are classified by:

- Operating mode**:** resonant and non-resonant;
- Number of vibrating masses: single-mass and multi-mass;
- Drive type**:** eccentric, inertial, electromagnetic, electromechanical, pneumatic;
- Direction of transport**:** horizontal, inclined downward, inclined upward, vertical, curvilinear;

- Type of elastic suspension**:** flat metal or polymer springs, round rods, lattice hyperboloid torsions, rubber vibration isolators;
- Method of tuning vibration resonance**:** changing the number of elastic elements, stiffness of suspension, working mass, or vibration frequency;
- Shape of working elements**:** trough-type, bowl-type (cylindrical and conical).

The main advantages of vertical spiral bowl vibratory conveyors compared to horizontal ones are:

1. Small footprint in production facilities;
2. Due to longer conveying times, simultaneous processes such as drying, cooling, and orientation of loads for the next technological stage can be performed;
3. Smooth transportation of materials difficult to move by other conveyor types (e.g., irregularly shaped or spherical loads);
4. Constant conveying speed, which positively affects the quality of subsequent processing stages;
5. Easy adjustment of productivity by changing vibrator drive parameters (unbalance mass, rotor rotation frequency, input current frequency, etc.);
6. Can be used as vibratory feeders for uniform supply of artificial materials for further processing on technological machines;
7. Minimal dust formation during transportation;
8. Simple design ensures low labor intensity during maintenance.

Promising solutions include two-mass and multi-mass vibratory conveyors, which, due to their design, can create elliptical trajectories of working body oscillations. Such oscillations increase conveying speeds of particles along the vibrating surface. However, elliptical vibrations complicate the design of vibration machines, suspensions, and vibrator drives. Therefore, the main task for designers is to achieve high-quality, productive, and reliable vibratory machines.

An analysis of modern advances in vibratory conveying machinery shows that there are several main technical approaches to generating elliptical oscillation trajectories in vertical vibratory feeders: decoupling the rigid connection between the conveyor’s working body and its drive by introducing damping and elastic elements; special placement of drive elements in vibrator mechanisms.

The review also revealed that elastic elements of vibratory feeders for dosing bulk and small-piece materials are often polymer or metal springs in the form of rods or plates inclined to the horizontal. Another widely used solution is hyperboloid torsion suspension of the feeder hopper. The main types of drives for spiral conveyors are electromagnetic and inertial (unbalanced).

Conclusions**.** Based on the scientific review results, it can be stated that vertical spiral vibratory feeders have several advantages over horizontal feeders. The most optimal type of drive for spiral vibratory feeders used in automatic seed

phenotyping systems is the unbalanced centrifugal vibrator. The study made it possible to systematize advances in the development of designs and methods for improving the efficiency of vibratory feeders for transporting and dosing crop seeds in automatic phenotyping systems.

References

1. Pieruschka, R., & Schurr U. Plant Phenotyping: Past, Present, and Future. *Plant Phenomics*. 2019. Vol. 2019, P. 1–6. DOI: 10.34133/2019/7507131

2. Aliev, E. B. (2022). Automatic phenotyping of sunflower seed material: Monograph. Kyiv: Agrarian Science

3. Aliev, E. B., & Vedmedieva, K. V. (2024). Quantitative phenotyping of sunflower genotypes: Monograph. Dnipro: LIRA

4. Lanets, O. S. (2018). Fundamentals of calculation and design of vibrating machines. Book 1. Theory and practice of creating vibrating machines with harmonic motion of the working body: Textbook. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House

5. Hamed, Y. S., Alotaibi, H., & El-Zahar, E. R. Nonlinear Vibrations Analysis and Dynamic Responses of a Vertical Conveyor System Controlled by a Proportional Derivative Controller. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8, P.119082–119093. doi.org/10.1109/access.2020.3005377

6. Chen, H., Jiang, S., Liu, R., & Zhang, W. Particle Directional Conveyance under Longitudinal Vibration by considering the Trough Surface Texture: Numerical Simulation Based on the Discrete Element Method. *Shock and Vibration*. 2018. Vol. 2018, P. 1-13. doi.org/10.1155/2018/8260462

7. Keppler, S., Bakalis, S., Leadley, C. E., & Fryer, P. J. Processing of barley grains in a continuous vibrating conveyor. *Journal of Food Engineering*. 2016. Vol. 187, P. 114–123. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.04.010

8. Keppler, S., Bakalis, S., Leadley, C. E., & Fryer, P. J. A systematic study of the residence time of flour in a vibrating apparatus used for thermal processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2016. Vol. 33, P. 462–471. doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.003

9. Calta, J. Vibratory conveyor with elliptical oscillation is quiet and fast. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing*. 2024. Vol. 8, P. 1-12. DOI: 10.13140/RG.2.2.10392.37128

10. Aliiev, E., Gavrilchenko, A., Tesliuk, H., Tolstenko, A., & Koshul'ko, V. Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *Acta Periodica Technologica*. 2019. Vol. 50, P. 12–22. DOI:10.2298/apt1950012a

УДК 631.362.7

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ НАГРІВУ ЗЕРНА В ІЧ-СУШАРЦІ

Котов Б.І.[1], Степаненко С.П.[2], Калініченко Р.А.[3]
[1] Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»;
[2]Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України
[3]ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»,

Ефективність післязбиральної обробки зерна є критично важливим фактором для забезпечення продовольчої безпеки та економічної стабільності агропромислового комплексу [1-3]. Одним із ключових етапів є сушіння, яке дозволяє зберегти якість продукції та запобігти її псуванню. Традиційні методи сушіння часто є енергозатратними та можуть пошкодити зерно через нерівномірний розподіл тепла [4-6]. Інфрачервоний (ІЧ) нагрів є інноваційною альтернативою, що забезпечує швидкий, глибокий та енергоефективний прогрів [2]. Завдяки специфіці поглинання ІЧ-випромінювання, тепло передається безпосередньо в об'єм зерна, а не через проміжне середовище, що значно скорочує час обробки.

Однак, для повного розкриття потенціалу ІЧ-сушіння необхідна розробка автоматизованої системи керування. Така система повинна забезпечувати стабільність технологічних параметрів, запобігати перегріву зерна та оптимізувати енергоспоживання. Ключовим етапом у створенні такої системи є математичне моделювання самого процесу нагріву. Метою даної роботи є розробка математичної моделі процесу ІЧ-нагріву зерна та на її основі - створення ефективної системи автоматичного керування, що підвищить якість продукції та знизить експлуатаційні витрати.

Об’єктом керування є процес нагріву шару зерна ІЧ-випромінюванням. Цей процес характеризується певною інерційністю та запізненням, що пов'язано з передачею тепла від поверхні зерна до його внутрішніх шарів. Для опису цієї динаміки була розроблена математична модель у формі передаточної функції, яка пов'язує вхідний сигнал (потужність ІЧ-випромінювача) з вихідним (температурою зерна).

Експериментальні дослідження проводилися на спеціально розробленому лабораторному стенді. Він включав: Систему ІЧ-випромінювачів з регульованою потужністю; Канал для подачі та перемішування зерна; Датчики температури, розміщені на різних глибинах шару зерна для фіксації температурного профілю; Термогігрометр для

моніторингу вологості зерна; Програмно-апаратний комплекс для збору та аналізу даних.

Для ідентифікації передаточної функції використовувався метод перехідних характеристик. Це дозволило визначити ключові параметри моделі - коефіцієнт підсилення (K), постійну часу (T) та час запізнення (τ). У ході досліджень було встановлено, що проста модель першого порядку не завжди точно відображає складну динаміку процесу, особливо за високої швидкості нагріву та великої товщини шару. Це стало підставою для вдосконалення моделі.

У результаті експериментів було виявлено, що процес нагріву складається з двох основних етапів, що мають різну інерційність: швидкий прогрів поверхневого шару та повільніший прогрів внутрішнього об'єму зерна. З урахуванням цього факту, було запропоновано модифіковану передаточну функцію другого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{K}{[T_1 s + 1][T_2 s + 1]} e^{-\tau s}$$

де K - коефіцієнт підсилення, який залежить від теплофізичних властивостей зерна, його вологості та інтенсивності випромінювання.

T_1, T_2 - постійні часу, що відображають відповідно інерційність поверхневого та внутрішнього нагріву шару зерна.

τ - час запізнення, що корелює з товщиною шару і швидкістю перемішування.

Дослідження показали, що параметри K, T_1, T_2 та τ є змінними і залежать від умов сушіння. Наприклад, збільшення початкової вологості призводить до зменшення K, оскільки частина енергії витрачається на випаровування води. Збільшення товщини шару значно впливає на T_2 і τ, що підтверджує нашу гіпотезу про багатоступінчастість процесу теплопередачі.

На основі розробленої математичної моделі було спроектовано систему автоматичного керування процесом нагріву. Вона включає: Датчик температури, що передає інформацію про поточний стан системи; Контролер, який виконує обчислення (наприклад, ПІД-регулятор); Виконавчий механізм (тиристорний регулятор потужності ІЧ-випромінювачів).

Для оптимізації роботи системи був розроблений адаптивний алгоритм керування. Замість використання фіксованих параметрів, він динамічно коригує коефіцієнти регулятора (K_p, K_i, K_d) на основі вхідних даних про температуру та швидкість її зміни. Це дозволяє системі ефективно реагувати на зовнішні збурення, такі як зміни вхідної вологості

зерна або фракційного складу, забезпечуючи стабільну температуру на виході.

Висновки:

1. Розроблена та експериментально підтверджена математична модель процесу ІЧ-нагріву зерна у формі передаточної функції другого порядку з запізненням.

2. Визначено ключові параметри моделі (K, T_1, T_2, τ) та встановлено їх залежність від технологічних факторів.

3. На основі моделі розроблено систему автоматичного керування, що використовує адаптивний ПІД-регулятор, що забезпечує високу точність підтримки заданого температурного режиму.

4. Практична реалізація даної системи дозволить значно підвищити якість сушіння зерна, запобігти його перегріву та зменшити енергоспоживання, що має важливе значення для агропромислового комплексу.

Список використаних джерел

1. Котов Б.І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження): [колект. монографія]. Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва". Київ ; Ніжин : Лисенко М. М. 2017. 551 с.

2. Калініченко Р. А., Войтюк В. Д. Енергоефективні режими роботи машин для високоінтенсивної термообробки зернових матеріалів. Ніжин: Вид. центр НДУ ім. Гоголя, 2017. 261 с.

3. Kotov B., Stepanenko S., Tsurkan O., Hryshchenko V., Pantsyr Y., Garasymchuk I., Spirin A, Kupchuk I. Fractioning of grain materials in the vertical ring air channel during electric field imposition, Przegląd Elektrotechniczny 1 (2023), 100-104. https://doi:10.15199/48.2023.01.19

4. Kaletnik H., Solona O., Kotov B., Stepanenko S., Shvidia V., Kalinichenko R., Tverdokhlib I., Polievoda Y. The usage of the elemental base of the vibratory mill with the spatial circulation movement of material to create drying rig. Przeglad Elektrotechniczny. 2024. Vol. 100, № 3. P. 232-237. https://doi.org/10.15199/48.2024.03.41

5. V. Shvydia, S. Stepanenko, A. Kuzmych, I. Popadiuk. Justification of vacuum parameters for drying wet seed. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 24, May 21-23, 2025 Jelgava, Latvia. p. 1112-1118. https://doi.org/10.22616/ERDev.2025.24.TF284

6. Shvidia, V.O., Stepanenko, S.P., Kotov B.I., Spirin A.V., & Kucheruk V.Yu. (2022) Influence of vacuum on drying of seeds of grain crops Herald of Karaganda University. "Physics" series. № 3(107)/2022– p. 90-98. https://doi:10.31489/2022PH3/90-98

УДК 631.36:631.56

ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ У ЗБЕРІГАННІ ТА ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Липницький Р.М.
Вінницький національний аграрний університет

В умовах змін клімату, зростання населення та підвищених вимог до якості продуктів харчування, технологічні інновації у зберіганні та переробці сільськогосподарської продукції набувають особливої актуальності. Україна, як лідер аграрного сектора , стикається з серйозними викликами: застарілі системи зберігання спричиняють втрати до 30-40% врожаю через плісняву, шкідників і недосконалі умови транспортування , а низький рівень автоматизації та залежність від ручної праці знижують продуктивність і конкурентоспроможність. Недостатнє впровадження цифрових технологій, таких як IoT та штучний інтелект, і застарілі методи переробки посилюють негативний екологічний вплив і не дозволяють зберегти високу якість продукції. Це зумовлює нагальну потребу в масштабній модернізації, спрямованій на впровадження автоматизованих, енергоефективних та цифрових рішень для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору України.

Агропродовольча промисловість переживає цифрову революцію. Сучасні дослідження підтверджують, що підвищення ефективності можливе лише завдяки інноваційній діяльності, що включає модернізацію обладнання, удосконалення технологій та оптимізацію всіх етапів виробництва. Використання інтегрованих систем підтримки прийняття рішень у поєднанні з передовими мережами (IoT, дрони, датчики, штучний інтелект та блокчейн) має значний потенціал для радикальних покращень з точки зору інтелекту, ефективності, сталого розвитку та продуктивності агропродовольчого сектору. Зокрема, пристрої для збору даних, такі як дрони та датчики, об'єднуються з технологіями Інтернету речей (IoT), дозволяючи ефективно контролювати поля та приймати рішення на основі інформації в реальному часі. Однак, широке впровадження цифрових рішень обмежується високими початковими інвестиціями, необхідністю покращення цифрової грамотності фермерів та адаптацією законодавчих норм.

Метою роботи є аналіз сучасного стану та визначення ключових напрямків впровадження технологічних інновацій у зберігання та переробку сільськогосподарської продукції для підвищення ефективності, зменшення

втрат і витрат, покращення якості продукції та зниження негативного екологічного впливу.

Дослідження підтвердили, що цифрова трансформація є критично важливою, оскільки розумне землеробство та точне землеробство використовують IoT, Big Data, ШІ та комп'ютерний зір для автоматизації процесів, забезпечення контролю полів у режимі реального часу та надання прогнозів урожаю, що оптимізує ресурси. У сфері зберігання встановлено, що втрати, які без технологій сягають 30-40%, можуть бути знижені до 5-7% завдяки впровадженню інноваційних рішень, таких як системи контрольованого середовища (CAS), використання нанотехнологій у пакуванні та автоматизованих «розумних» сховищ. Крім того, перспективними методами є швидке/сублімаційне заморожування та біологічні консерванти. У переробці інновації орієнтовані на підвищення енергоефективності та використання біотехнологій (ферменти, пробіотики) і фізичних методів (ультразвукова обробка), які, порівняно з традиційними, виявилися на 25-35% ефективнішими та дозволяють зменшити споживання енергії на 40%, скорочуючи термін окупності з 5 до 3 років. Застосування ШІ-систем та блокчейну додатково забезпечує прозорість логістики та контроль якості.

Інтеграція цифрових технологій (IoT, Big Data, ШІ, блокчейн) та інноваційних фізико-хімічних методів (контрольоване середовище, нанотехнології, ультразвук, біотехнології) в агропродовольчий сектор є трансформаційним підходом. Ці інновації дозволяють оптимізувати використання ресурсів, зменшити втрати (до 5-15% при зберіганні), підвищити продуктивність (до 30% при автоматизації переробки) та знизити екологічний вплив. Застосування цих технологій сприяє кращому прийняттю рішень, більш ефективній діяльності та зниженню операційних витрат. Незважаючи на виклики, пов'язані з високими початковими інвестиціями та потребою в технічній експертизі, потенційні довгострокові вигоди — забезпечення глобальної продовольчої безпеки та стійкого економічного зростання — підкреслюють необхідність подальшого впровадження цих технологічних досягнень.

Список використаних джерел

1. Хахула Б. В. Інновації, як чинник прискорення науково-технічного прогресу в аграрному секторі України. Агросвіт. 2022. № 9–10. С. 79-85. DOI: 10.32702/2306-6792.2022.9-10.79

2. Торрес Х. Л., Перес К. Д. Smart Agriculture: Sensors, IoT, and Big Data for Food Production.

3. Джон М. Хілл Стале сільське господарство: досягнення в системах сталого сільського господарства. 2019.

4. Холодюк О.В., Диня В.І., Бонякевич О.В., Мовчан Д.А. Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2024. Т. 331. № 1. С. 330-338. DOI 10.31891/2307-5732-2024-331-50.

5. Торрес Х. Л., П'єр Л. Блокчейн для управління ланцюгом постачання агропродовольчої продукції Міжнародний журнал застосування блокчейну. 2021.

6. Махметова Д. С., Тлессова Е. Б., Нургалієва А. А. Сучасні можливості та перспективи технічних і технологічних інновацій в аграрному секторі Казахстану. Вісник Університету Коркит Ата Кизилорда. Серія «Економічні науки». 2023. Том 2, No 2. P. 31–43. URL: https://doi.org/10.52081/ecj.2023.v02.i2.009 (дата звернення: 09.12.2024).

7. Майєр Д. Е., Чікез Х. Останні інновації в післязбиральному збереженні та захисті сільськогосподарської продукції. Сільське господарство. 2021. Том 11, No 12. P. 1275. URL: https://doi.org/10.3390/agriculture11121275 (дата звернення: 09.12.2024).

8. Шах Т., Гумасте К. Застосування сонячних сушарок для сушіння сільськогосподарської продукції. Розумні інновації та технологічний прогрес у цивільному та машинобудуванні. Нью-Йорк, 2024 рік. P. 243–257. URL: https://doi.org/10.1201/9781003539582-21 (дата звернення: 09.12.2024).

9. Аверчева Н. О. Перспективи розвитку інтеграційних процесів у сфері переробки сільськогосподарської продукції. Формування нової парадигми розвитку агропромислового сектору в 21 столітті. 2021. P. 343–373. URL: https://doi.org/10.36059/978-966-397-240-4-12 (дата звернення: 09.12.2024).

10. Овсієнко С.М. Інноваційні технології зберігання сировини і харчових продуктів. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи... Вінниця, 2021. 33 с.

11. Офіційний веб-сайт Міністерства аграрної політики та продовольства України. Режим доступу. URL: http://www.minagro.gov.ua. (дата звернення 10.12.2024)

12. Фітишин К. Р. Модернізація сільськогосподарської техніки: технологічні новації та майбутні перспективи. Стан та перспективи розвитку агробізнесу. 2024. URL: https://doi.org/10.23947/interagro.2024.442-445 (дата звернення: 09.12.2024).

УДК 631.311(075)

ДИНАМІЧНА 3D-МОДЕЛЬ ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ВНУТРІШНЬОЇ НАПРУГИ

Волик Б.А., Лепеть Є.І.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Динамічні 3D-моделі широко використовують як ілюстративний додаток до математичних моделей функціонування машин. Проблема полягає в тому, що моделюється тільки геометрія і кінематика механізмів, тоді як при моделювання ґрунтообробних машин важливою є поведінка оброблюваного середовища. Математична модель кришення і розпушення ґрунту знаряддям довільної геометричної форми існує і добре відпрацьована [1]. Але візуалізація процесу ускладнена непрозорістю середовища.

Огляд досліджень. Теорія внутрішньої напруги є складовою частиною загальної теорії подрібнення ґрунту ґрунтообробним робочим органом [1] і являє собою синтез аналогового, імітаційного і математичного моделювання. Теорія базується на гіпотезі у відповідності до якої процес кришення і розпушення ґрунтового середовища визначається співвідношенням доведених до середовища сил і вихідним значенням внутрішньої напруги.

Процес кришення характеризується коефіцієнтом кришення [1].

$$i_1 = \frac{2K_p \cdot E_v}{G^2} + 1 \qquad (1)$$

де K_P – питомий коефіцієнт опору;

G – внутрішня напруга в оброблюваному середовищі.

Ступінь кришення i характеризує процес подрібнення, а саме, визначає кінцевий усереднений діаметр ґрунтових відмінностей, що за накопленою масою становлять 50%;

$$D_{50} = \sqrt[3]{\left(\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot i}\right)}, \qquad (2)$$

де V – об’єм сколотої призми.

Діаметр D_{50} є умовно введеним параметром, який дозволяє оцінити ймовірнісні якісні показники кришення і розпушення

Для деталізації процесу за фракційним складом запропонована методика статистичного моделювання на основі методу «Монте-Карло» [2]. Для укладки ґрунтових відмінностей рзапропонована методика [4].

Внутрішня напруга є параметром, що характеризує середовище і методика аналітичного і практичного визначення відпрацьована [1, 2].

Методика аналітичного визначення внутрішньої напруги аргументована в [1]. Там же наведені приватні моделі визначення розрахункових показників якості кришення для основної групи ґрунтообробних знарядь. Особливість полягає в тому, що в приватних моделях конкретні знаряддя замінені на геометрично подібні фігури [1,С. 65].

Мета роботи. Обґрунтування методики візуалізації кришення і розпушення ґрунту у відповідності до аналітичної моделі процесу.

Результати досліджень. Особливість роботи ґрунтообробних знарядь, як і взагалі сільськогосподарських машин полягає в тому, що допоміжні робочі органи суттєво впливають на виконання технологічного процесу і в загальній моделі це треба враховувати (рис. 1).

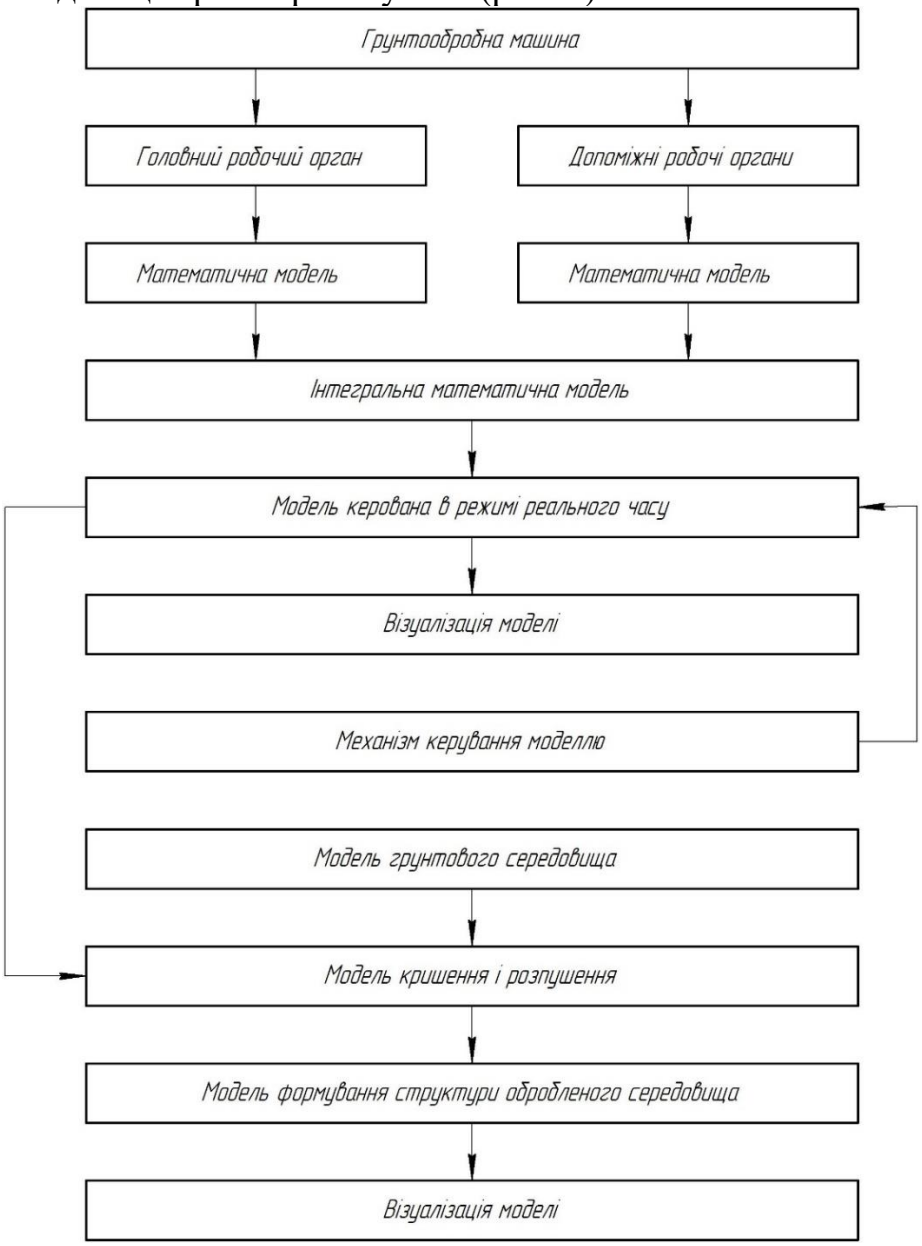


Рис. 1. Етапи візуалізації математичної моделі технологічного процесу, що виконує ґрунтообробне знаряддя.

Аналіз прикладних моделей землеробської механіки [5] показує, що математичні моделі робочих органів розглядають чистий технологічний процес, без врахування впливу допоміжних робочих органів на міделевий перетин і кінематичний режим. Якщо у статичному або псевдостатичному варіантах це припустимо, то в динамічній моделі треба внести відповідні корегування у вихідну математичну модель.

Ще одне корегування полягає в тому, що сфера дії теорії внутрішньої напруги розповсюджується тільки в межах сколотої ріжучим периметром призми ґрунту. Тому в моделі треба відокремити від загального масиву первинну призму сколу [3] відносно якої можливе застосування теорії.

В процесі візуалізації окремі ґрунтові відмінності треба фарбувати в різні кольори, але враховуючи непрозорість середовища на екран монітора видається система перетинів площинами перпендикулярними напрямку руху.

Висновки. Переваги застосування теорії внутрішньої напруги полягають в можливості візуальної оцінки якості кришення, що є можливим з використанням прикладних моделей землеробської механіки.

3D-модель не може бути представлена у вигляді єдиного зображення, а тільки шляхом системи перетинів площинами перпендикулярними напрямку руху.

Список використаних джерел

1. Панченко А. М. Теорія подрібнення грунтів грунтообробними знаряддями / А. М. Панченко. - Дніпро: ДГАУ, 1999. – 140 с.

2. Волик Б.А., Теслюк Г. В., Коновий А. В., Лепеть Є. І. Методика прогнозування на проектному етапі якісних показників роботи ґрунтообробного знаряддя. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Мелітополь: ТДАТУ, 30.11. 2021. – Вип. 11, том 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-4 с. 42 -51.

3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

4. Гаврильченко А. С., Волик Б. А. Моделювання укладання грунтообробних агрегтів на днище борозки після сходження з поверхні лемеха / Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць//Ін-т геотехнічної механіки ім.. Полякова НАН Україн. – Дніпропетровськ, 2008. Вип. 75. – С. 189 – 196.

5. Землеробська механіка / Кобець А. С., Сокол С. П., Пугач А. М., Дирда В. І., Волик Б. А., Тищенко С. С., Гаврильченко О. С. – Дніпро, Пороги, 2022 – 408 с.

УДК 631.331

АНАЛІЗ НАСІННЄПРОВОДІВ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПНЕВМАТИЧНИХ СІВАЛОК

Куликівський В.Л., Боровський В.М., Андрійчук А.В., Груницький М.Р.
Поліський національний університет

При всьому різноманітті конструкцій висівних апаратів пневматичних сівалок усі вони мають єдиний механізм роботи, а саме він забезпечує відбір та дозування насіння з бункера-накопичувача, а також розподіл їх по насіннєпроводам (насіння-направникам). Надалі насіннєпроводи транспортують відповідні порції насіння до робочих органів (сошникам) для внутрішньо-підґрунтового розподілу. При цьому важливу роль відіграє конструкція насіннєпроводу, який за допомогою гравітації сил або додатковим повітряним потоком доставляє посівний матеріал від висівного апарату до розподільного робочого органу.

Нами було проведено аналіз відомих конструкцій насіннєпроводів.

Так, наприклад, на рис. 1 представлений загальний вигляд насіннєпроводу, пневматичної сівалки, що працює наступним чином.

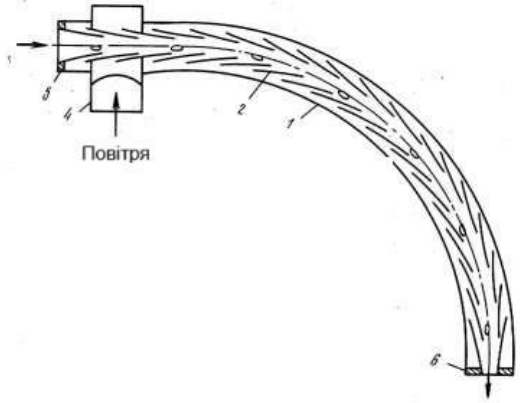


Рис. 1. Загальний вигляд насіннєпроводу, пневматичної сівалки.

Через патрубок 4 в трубопровід 1 подається стиснене повітря. Шайби 5 і 6 запобігають негайному витіканню стисненого повітря з трубопроводу 1 і сприяють створенню рівномірного тиску повітря по всій його довжині в зоні, що охоплює дифузори 2. Під дією тиску повітря проникає через кільцеві щілини, утворені між суміжними дифузорами 2, в центральну порожнину насіннєпроводу пневматичної сівалки. При цьому центральна порожнина насіннєпроводу обмежується високошвидкісними струменями повітря, які за спрямованістю наближаються до осі насіннєпроводу і проходять на однаковій відстані від осі по всій довжині насіннєпроводу. Дифузори 2 виконані однаковими за розмірами і мають увігнуту криволінійну поверхню, тобто насіння в процесі руху переміщається по

синусоїді, що має постійну амплітуду, яка незначно перевищує найбільший розмір насіння. Після виходу з трубопроводу 1 насіння потрапляє на дно борозни і закладається ґрунтом.

Все це сприяє підвищенню рівномірності подачі насіння від висівного апарату точного висіву в борозну.

Також цікавим є насіннєпровід пневматичної сівалки (рис. 2), який працює наступним чином. Насіння з дозуючого пристрою пневматичної сівалки поштучно, з потоком повітря подається в трубопровід 1. Повітря при виході через поздовжню щілину 2 трубопроводу 1 притискає насіння до неї. Пружинний шнек 3, розміщений всередині трубопроводу 1, приводиться в обертання від опорних приводних коліс пневматичної сівалки через механізм передач (не показані), і витками з постійною швидкістю переміщує насіння вздовж щілини 2 по трубопроводу 1 до скидного отвору. Причому низькі фрикційні властивості трубопроводу 1 і витків шнека 3 зменшують ймовірність пошкодження насіння і сприяють вільному ковзанню насіння вздовж наскрізної щілини 2, чим забезпечується рівномірний рух насіння в насіннєпроводі.

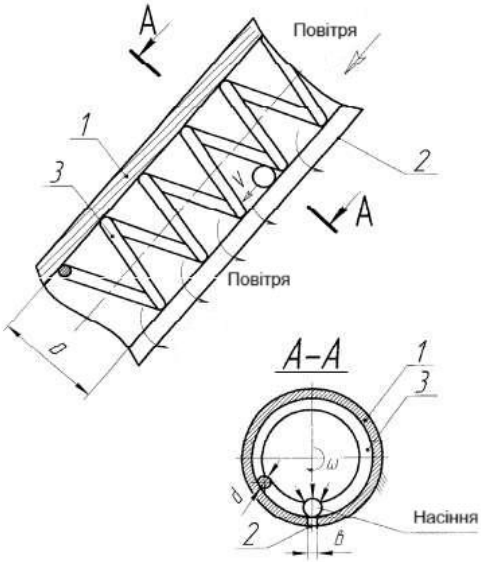


Рис. 2. Насіннєпровід пневматичної сівалки

Оригінальне технічне рішення насіннєпроводу, який приводиться в обертання від опорних приводних коліс через механізм передач, представлено на рис.3.

У трубі паралельно її осі виконана наскрізна щілина 4, ширина якої менше товщини висіваємого насіння b, причому внутрішня вставка 2, що представляє собою трубу, виготовлена з матеріалу з низьким коефіцієнтом тертя і нерухома, а зовнішня приводиться в обертання від опорних приводних коліс через механізм передач (на рис.не показані), при цьому нижній торець внутрішньої труби закритий, а в нижній частині вставки і трубопроводу на завершенні відповідно поздовжньої і спіральної щілин є

отвори 5 і 6, діаметр яких більше максимального розміру висіваємого насіння, а центри розташовані в одній площині, перпендикулярній осі насіннєпроводу.

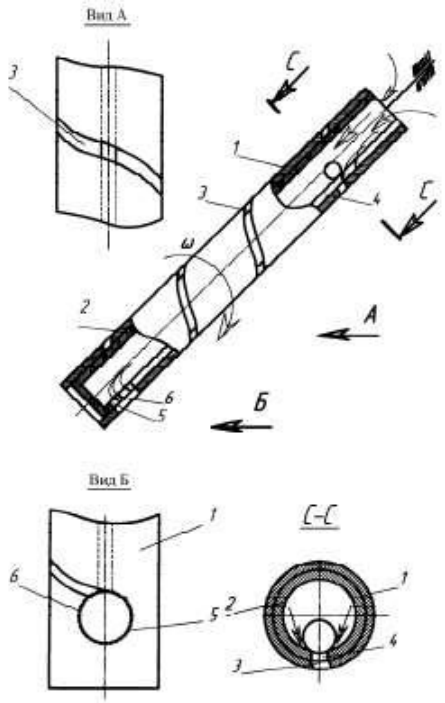


Рис. 3. Насіннєпровід

Насіннєпровід пневматичної сівалки працює наступним чином. Насіння з дозуючого пристрою пневматичної сівалки поштучно з потоком повітря подається в трубопровід 1. Повітря при виході через щілини, утворені збігом поздовжньої 4 і спіральної щілин 3, притискає насіння до поздовжньої щілини 4. Зовнішній трубопровід 1, що приводиться в обертання від опорних приводних коліс через механізм передач, переміщує з постійною швидкістю місця збігу поздовжньої 4 і спіральної 3 щілин до вихідного кінця пневмонасіннєпроводу, тим самим забезпечуючи транспортування насіння від висівного апарату до отворів 5 і 6, зовнішнього трубопроводу і внутрішньої вставки відповідно. До моменту досягнення насінням вихідного кінця пневмонасіннєпроводу центри отворів 5 і 6 збігаються і насіння потоком повітря викидається в борозну.

Таке технічне рішення дозволяє підвищити рівномірність подачі насіння від висівного апарату в борозну.

Відомий сошник пневматичної сівалки, що містить конічний розтруб, який має циліндричну ділянку з криволінійним сітчастим жолобком і розташовану під ним повітровідвідну пластину (SU 1743419).

Недоліком даного пристрою є складність конструкції і близькість розташування до ґрунту, що зменшує ефективність відведення повітря.

Найбільш близьким до пропонованого винаходу технічним рішенням є направляч насіння пневматичної сівалки, що містить трубопровід,

сполучений з джерелом стисненого повітря, і гасник повітряного потоку у вигляді еластичної конусної гофри з наскрізними похилими каналами (SU 1630642).

Недоліками даного направляча насіння пневматичної сівалки є те, що він не забезпечує необхідного зниження тиску повітряного потоку і розташований близько до ґрунту.

Завданням пропонованого винаходу є підвищення рівномірності розподілу насіння вздовж рядка у відкритій борозні шляхом усунення впливу повітряного струменя в зоні їх висіву.

Поставлене завдання досягається тим, що в насіннєпроводі пневматичної сівалки, що містить трубопровід, з'єднаний з джерелом стисненого повітря, і гасник повітряного потоку, гасник повітряного потоку виконаний у вигляді наскрізних прорізів, виготовлених у зовнішніх стінках криволінійних ділянок трубопроводу, причому ширина кожного прорізу менше половини мінімальної товщини висіваємого насіння, а довжина дорівнює довжині відповідної криволінійної ділянки (рис. 4).

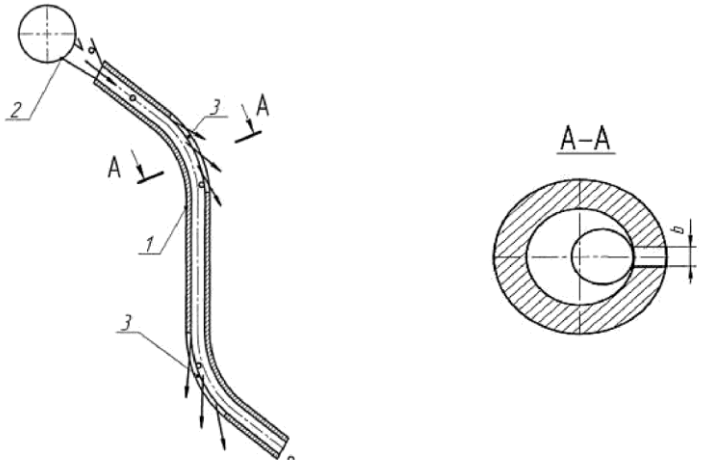


Рис. 4. Насіннєпровід пневматичної сівалки

Насіннєпровід пневматичної сівалки працює наступним чином. Насіння транспортується в трубопроводі 1 повітряним потоком, що подається від джерела стисненого повітря 2. При досягненні криволінійної ділянки велика частина повітряного потоку, що має певну інерцію, викидається через проріз 3 в атмосферу, а насіння, відбившись від стінок прорізу 3, під впливом залишкового повітряного потоку продовжують рух в трубопроводі 1. Розташування прорізів 3 поза простором сошника дозволяє позбутися можливого впливу повітряного потоку на ґрунт і насіння. При цьому задана ширина b прорізів 3 гарантовано запобігає заклинюванню в них насіння, а довжина - максимально ефективно використовує інерцію повітря для його виведення в атмосферу.

Використання подібного гасника повітряного потоку дозволяє знизити швидкість повітря в два-три рази, в порівнянні з насіннєпроводом

пневматичної сівалки без гасника. Аналогічні прорізи, але виконані на прямолінійних ділянках трубопроводу, знижують швидкість повітря лише на 10…20%.

Аналіз конструкцій насіннєпроводів пневматичних сівалок показує, що всі вони спрямовані на підвищення рівномірності висіву насіння.

На рис. 5 представлений пневматичний висівний апарат сівалки точного висіву SFOGGIA Calibra (Італія) для подальшого дослідження.

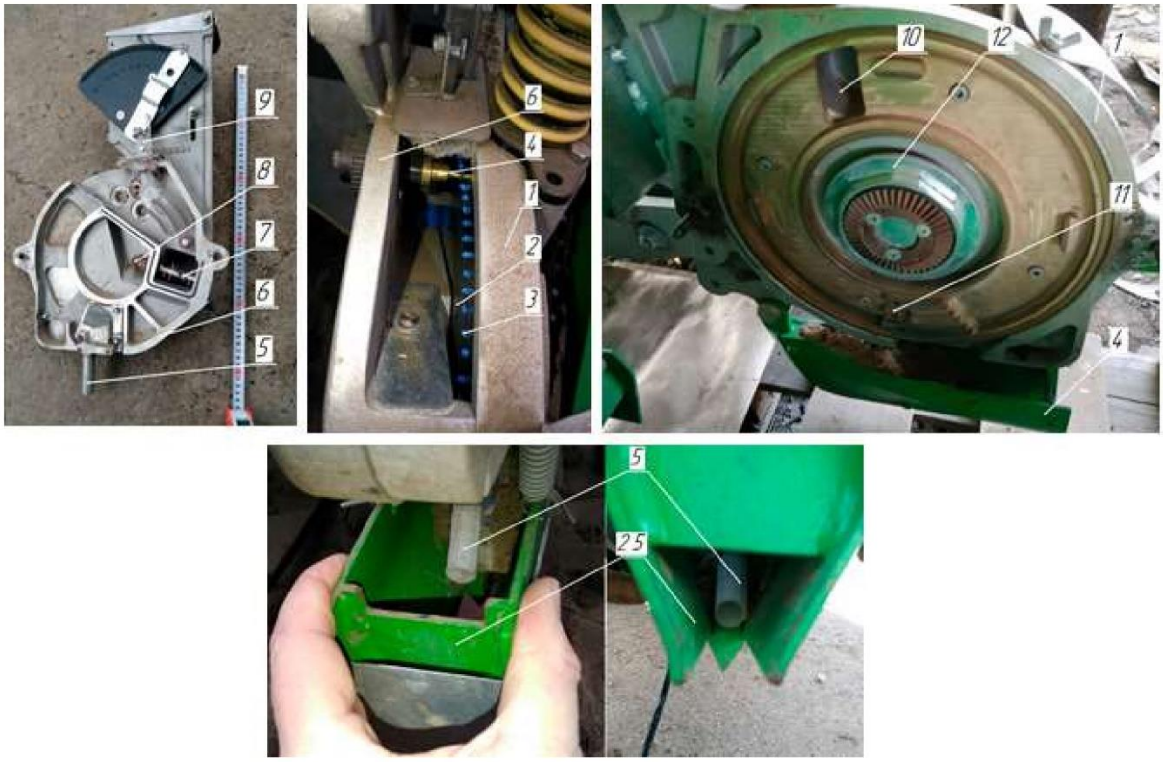


Рис. 5. Пневматичний висівний апарат сівалки точного висіву SFOGGIA Calibra (Італія): 1 – корпус висівного апарату; 2 – висівний диск; 3 – отвір висівного диска; 4 – ексцентрик; 5 – насіннєпровід; 6 – кришка висівного апарату; 7 – забірна камера; 8 – привід ворошилки насіння; 9 – відсікач двійників; 10 – зона розрідження; 11 – зона надлишкового тиску; 12 – посадкове місце висівного диска

Аналіз роботи висівного апарату (рис. 5) дозволяє зробити висновок, що зміна швидкості кочення насіння в насіннєпроводі не забезпечує «плавний» перехід з прямолінійної ділянки на дугу кола криволінійної ділянки і потім на прямолінійну прискорювальну ділянку, що вносить зміну в характер руху насіння по всьому насіннєпроводу. Також при русі насіння і його переході з прямолінійної ділянки на криволінійну виникає підвищена сила тертя за рахунок виникнення відцентрової сили, що притискає насіння до насіннєпроводу, що знижує його швидкість переміщення і провокує можливі затори.

УДК 631.331

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ҐРУНТООБРОБНИХ-ПОСІВНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА СПОСОБІВ ЇХ АГРЕГАТУВАННЯ

Дерев'янко Д.А., Білоусов О.В.
Поліський національний університет

Сучасне рослинництво спрямовано на збереження і збільшення родючості ґрунту, це характеризується впровадженням прогресивних і енергозберігаючих методів обробки і обробітку сільськогосподарських культур. На сьогоднішній день поєднання декількох операцій, таких як посів сільськогосподарських культур з одночасною передпосівною обробкою ґрунту, знаходить найбільше застосування. У прийнятих сівозмінах для посіву та обробки ґрунту використовуються високопродуктивні, комбіновані та універсальні машинно-тракторні агрегати (МТА), продуктивність і ширина захвату яких обґрунтовані для тракторів різного класу тяги.

Від правильного комплектування агрегатів багато в чому залежить продуктивність МТА – це, в першу чергу, пов'язано з найбільш повним використанням потужності двигуна з урахуванням призначення машин і конкретних умов експлуатації. Шляхом розвитку автоматизованих систем управління та моніторингу виконання технологічних процесів як для трактора, так і для агрегатованих модулів, а також в цілому для машинно-тракторного агрегату, досягається підвищення ефективності та максимально повне використання закладеного технічного потенціалу МТА.

У нашій країні використовуються різні типи агрегатів для посіву, які з'єднуються з енергетичними засобами за допомогою різних типів зчіпних пристроїв. Кожна з використовуваних схем має свої переваги і недоліки, які необхідно враховувати при виборі обладнання для конкретних умов.

Проблемами технічної оснащеності та експлуатації машинно-тракторних агрегатів, розробкою показників ефективності використання розроблюваної та експлуатованої техніки цілеспрямовано займалися і в даний час проводяться дослідження в провідних наукових установах країни.

При аналізі ефективності різних схем МТА враховують взаємозв'язок експлуатаційних показників, таких як: продуктивність, буксування, тиск шин на ґрунт і питомі витрати енергії.

У сучасному рослинництві широко використовуються ґрунтообробні-посівні комплекси (ҐПК). Вони будуються за модульним принципом і включають в себе причіп-бункер для насіння і добрив, ґрунтообробне знаряддя, сівалку, прикочувальний орган та інші елементи. Розташування модулів в агрегаті може бути різним.

Схожу технологію роботи мають практично всі сучасні посівні комплекси зарубіжного і вітчизняного виробництва. Вони оснащені робочими органами для обробки ґрунту, бункерами для добрив і насіння, висівними апаратами. Між ними, однак, є відмінності в приводі висівного апарату і вентилятора, конструкції робочих органів, обсязі бункерів і схемі їх розміщення. Ці відмінності обумовлені роботою в різних кліматичних зонах, на різних агрофонах і на різних типах ґрунтів, а також залежать від потреб і розміру конкретного підприємства.

Залежно від розташування бункера, посівні комплекси можна розділити на фронтально навісні, встановлені безпосередньо на раму, причіпні та ґрунтообробні знаряддя (рис. 1). У свою чергу причіпні бункери можуть розташовуватися після і перед ґрунтообробним знаряддям. Високим ступенем завантаження протягом року, а також універсальністю володіють посівні комплекси з навісним, фронтальним розташуванням бункера. Рівномірний розподіл навантаження між осями трактора забезпечує фронтальне розташування бункерів. Компаніями Maschio Gaspardo (Італія), Sulky (Франція), Amazone (Німеччина), Lemken (Німеччина), Vaderstad (Швеція), Agrisem (Франція) та ін. випускаються такі машини. Хорошою маневреністю і компактністю відрізняються посівні агрегати, у яких бункери розташовані на рамі ґрунтообробного знаряддя. Однак у міру зменшення насіння і добрив змінюється тиск на робочі органи, цей фактор можна віднести до недоліків такого розташування бункера.

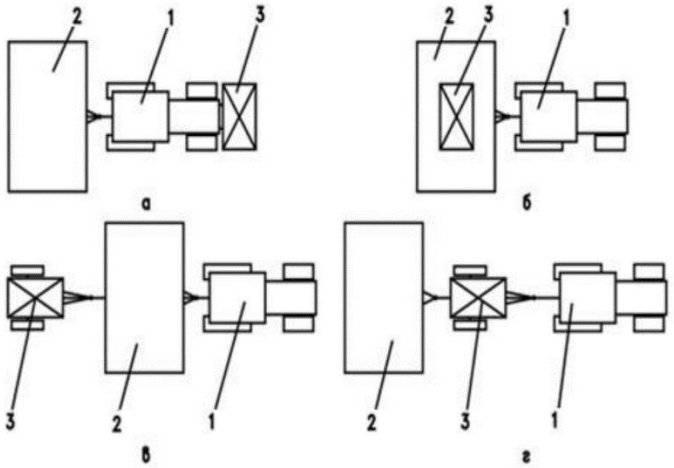


Рис. 1. Схема розташування бункера для насіння та (або) добрив посівних комплексів: 1 – трактор; 2 – ґрунтообробне знаряддя; 3 – бункер для насіння та (або) добрив; а – фронтальне (навісне розташування); б – розташування бункера на рамі ґрунтообробного знаряддя; в – причіпний бункер, розташований після ґрунтообробного знаряддя; г – причіпний бункер, розташований перед ґрунтообробним знаряддям.

У причіпних бункерах, які розташовані після сошників, в результаті проходження коліс зароблене насіння вдавлюється в ґрунт, це призводить

до порушення глибини посіву, результатом чого є нерівномірна схожість насіння.

Так само сильно ущільнюють ґрунт бункери, розташовані перед ґрунтообробними знаряддями. Виробники посівних комплексів часто вирішують цю проблему поглибленням робочих органів, що йдуть по сліду коліс бункера. До основних переваг причіпних бункерів можна віднести великий об'єм бункерів до 13000 л, а також можливість поділу бункерів для добрив і насіння.

Ефективність роботи посівної техніки значно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. На ринку представлено безліч моделей посівних машин, оснащених в якості робочих органів стрілчастими лапами.

Для посіву різних сільськогосподарських культур, включаючи зернові, дрібнонасінні та бобові, підходять посівні агрегати культиваторного типу, вони, в свою чергу, універсальні, дозволяють поєднувати за один прохід кілька операцій. Вони можуть виконувати такі операції, як посів насіння з одночасним внесенням мінеральних добрив, передпосівну обробку ґрунту (культивацію, дискування) і прикочування посівів. У свою чергу така комбінація сільськогосподарських операцій, по-перше, знижує ущільнення ґрунту, по-друге, під час посіву скорочується потреба в техніці і, по-третє, призводить до економії палива.

Культиваторного типу посівні агрегати можуть бути використані як для культивації ґрунту, так і для посіву. Для одночасного знищення бур'янів і смугового посіву насіння в якості сошників використовуються стрілчасті лапи. Для використання посівного агрегату тільки для культивації необхідно від'єднати бункерний модуль. Зазвичай для посіву на мінімальній обробці ґрунту використовуються агрегати з культиваторними лапами, вони дозволяють одночасно висівати добрива і насіння. Також деякі моделі можуть виконувати операції прямого посіву.

У нашій країні найбільш поширені пневматичні агрегати культиваторного типу і використовують (рис. 1 – 3).

Багатофункціональні посівні агрегати за один прохід виконують чотири технологічні операції, одночасно проводять передпосівний обробіток ґрунту, посів з внесенням мінеральних добрив і ущільнення посівів, необхідні тільки додаткові операції дискування.

Деякі багатофункціональні посівні агрегати, такі як Bourgault 8810- 35 і John Deere 1830, за один прохід здійснюють п'ять технологічних операцій.

При застосуванні мінімальної технології в процесі обробітку озимої пшениці з використанням багатофункціональних посівних агрегатів типу TUME NOVA COMBI 3000, Rapid RD300C і Компактор К/500А+Солітер 9/500КА, що поєднують в одному проході до шести операцій, дозволяють скоротити кількість проходів по полю до одного, виконуючи відразу кілька операцій одночасно: дискування стерні, передпосівна підготовка ґрунту,

посів з внесенням добрив, прикочування посівів і розпушування верхнього шару ґрунту.

Рис. 1. Посівний комплекс John Deere 1830

Рис. 2. Посівний комплекс FLEXI-COIL ST-820

Рис. 3. Посівний комплекс KUHN ESPRO 6000 RC

Принцип універсальності реалізований у конструкціях багатьох сучасних посівних агрегатів. Наприклад, з високою точністю сіяти, як дрібні (люцерна, ріпак, конюшина тощо), так і зернові культури, дозволяють дозатори, встановлені в пневматичних зернових сівалках. Як правило, практично у всіх зарубіжних посівних машинах передбачено обладнання для одночасного висіву насіння і мінеральних добрив.

З появою посівних машин з більшою робочою швидкістю і шириною захвату з'явилася можливість підвищити їх продуктивність. Заводи-виробники все частіше використовують напівнавісні сівалки (наприклад, такі компанії як «John Deere»). Застосування таких конструкцій дає можливість розміщення великого бункера (понад 2000 літрів). Однак це призводить до збільшення маси, але велика маса тут швидше є перевагою, оскільки дозволяє створити тиск на сошники до 80 кг або більше.

Принцип універсальності реалізований у конструкціях багатьох сучасних посівних агрегатів. Наприклад, з високою точністю сіяти, як дрібні (люцерна, ріпак, конюшина тощо), так і зернові культури, дозволяють дозатори, встановлені в пневматичних зернових сівалках. Як правило, практично у всіх зарубіжних посівних машинах передбачено обладнання для одночасного висіву насіння і мінеральних добрив.

З появою посівних машин з більшою робочою швидкістю і шириною захвату з'явилася можливість підвищити їх продуктивність. Заводи-виробники все частіше використовують напівнавісні сівалки (наприклад, такі компанії як «John Deere»). Застосування таких конструкцій дає можливість розміщення великого бункера (понад 2000 літрів). Однак це призводить до збільшення маси, але велика маса тут швидше є перевагою, оскільки дозволяє створити тиск на сошники до 80 кг або більше.

Таким чином, поєднання операцій передпосівної обробки ґрунту та посадки сільськогосподарських культур зараз знаходить найширше застосування. Для обробки ґрунту і посадок в прийнятих системах землеробства використовуються сучасні, високоефективні, комбіновані і універсальні пристрої, ширина захвату і продуктивність яких адаптовані для тракторів різних класів тяги. Пристрої для обробки ґрунту і посівів, як правило, будуються за модульним принципом і включають в себе причіп-бункер для насіння і добрив, знаряддя для безпосереднього впливу на ґрунт, сівалки, ущільнювальні органи та інші. Порядок розташування елементів агрегату може варіюватися.

Сучасні комплекси для посіву закордонного та вітчизняного виробництва схожі за технологічним процесом і оснащені бункерами для добрив і насіння, центральними висівними пристроями, інструментами для попередньої підготовки ґрунту і сошниками, що показує проведений аналіз їх конструкцій. За останні роки асортимент пропонованих посівних машин значно розширився, особливо за рахунок збільшення кількості моделей комбінованих зернових агрегатів, що використовують пневматичний розподіл і транспортування насіння в сошниках, а також машин для посіву з мінімальним обробітком ґрунту.

Слід зазначити, що конструктивні особливості ҐПК практично не враховують зміну маси бункерного модуля при виконанні технологічних операцій і його вплив на розподіл вертикальних навантажень по опорних колесах машини і трактора, і, як наслідок, на зміну сил опору коченню коліс

МТА. Значна зміна ваги бункерного модуля призводить до перерозподілу мас, що припадають на опорні колеса і причіпний пристрій трактора, в результаті чого спостерігаються відхилення від горизонтального положення елементів МТА, що в підсумку може призвести до порушення агротехнічних вимог при проведенні технологічних операцій. У зв'язку з цим виникає необхідність у модернізації конструкцій ҐПК для забезпечення стабільного горизонтального положення його модулів.

УДК 631.31

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА ЗНОШУВАННЯ СТРІЛЧАСТИХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРІВ

Деревянко Д.А., Байбула А.Ф., Ковальчук Д.С. Кушим Р.В.
Поліський національний університет

Рухаючись у ґрунті, робочий орган впливає на нього зусиллями, спрямованими нормально і тангенціально. Під їх дією спочатку відбувається ущільнення ґрунту з подальшим його сколюванням, а потім утворені грудки переміщуються по робочій поверхні лапи. Реакції, що виникають при цьому з боку ґрунту, викликають тиск, що чиниться на робочий орган.

Величина цих тисків залежить від геометричних параметрів і швидкості переміщення лапи, а також від механічних властивостей і складу ґрунту.

При цьому тиск на обидва крила стрілчастої лапи в симетрично розташованих точках однаковий. Тиск ґрунту на носок лапи при обробці суглинних і глинистих ґрунтів приблизно в 3–5 разів більший, ніж на середню частину крила, і в 2–3 рази більший, ніж на кінці крила. У носка лапи відбувається відділення підрізаного пласта, а у п'яти – відрив його від основної маси ґрунту у вертикальній площині. Тиск ґрунту, що діє на носок лапи, вищий за тиск на середину крила, тому величина його зносу в 2,5 рази більша. Втрата працездатності спостерігається після напрацювання 26 га.

Робочі органи культиваторів в процесі експлуатації переміщаються в ґрунті по слідах рушіїв тракторів і опорних коліс культиватора, а також в першому або другому ряду поза слідами. Фізико-механічні властивості ґрунту змінюються по слідах проходження рушіїв трактора і опорних коліс ґрунтообробної техніки, що виконує агротехнологічні операції. Рушії тракторів і опорні колеса ґрунтообробної техніки залишають на суглинному ґрунті сліди глибиною 5...10 см, колісні рушії – 8...10 см, гусеничні – 5...6 см, опорні колеса – 6...9 см. Твердість ґрунту на цій ділянці (за слідами)

порівняно з сусідніми ділянками збільшується відповідно в 5,0; 4,0 і 2,5 рази. Пояснюється така зміна підвищеними механічними напруженнями, що зміцнюють шар ґрунту по слідах рушіїв. Це призводить до того, що на ґрунті після проходу рушіїв трактора К-701 щільність збільшується на 49 %, а твердість – у 2,6 рази. При цьому більше деформуються верхні горизонти (глибиною до 20 см), і не тільки вертикально вниз, але і в сторони. Зона деформації обмежується похилими площинами, що утворюють кут 45° з горизонтом. З цих зон високого тиску в зони меншого тиску вичавлюється вода, тобто ґрунт стає більш сухим.

Найбільш імовірною причиною зношування робочого органу в процесі обробки ґрунту є багаторазова деформація мікрооб'ємів металу під дією абразивних частинок ґрунту (розміром більше 0,001 мм). При цьому утворюються подряпини на робочій поверхні, а інтенсивність цього процесу зростає зі збільшенням кількості контактів з абразивними частинками ґрунту в одиницю часу і ступеня їх закріпленості.

Якщо ж під час роботи ріжуча частина лапи стикається з кам'янистими включеннями, то неминуче відбувається пластична деформація і навіть руйнування мікрооб'ємів металу через миттєве зростання механічної напруги (більше межі міцності) і температури в зоні контакту. Це призводить до прискореного (за 2–3 години) настання граничного стану.

Відомо, що величина абразивного зносу робочої поверхні пропорційна нормальному тиску на неї. Підвищення щільності і твердості ґрунту інтенсифікує процес абразивного зношування робочих органів ґрунтообробної техніки, оскільки це визначає зростання значення механічного тиску ґрунтової маси.

Ресурс лапи визначається зносостійкістю її робочих поверхонь і умовами експлуатації. Культивація сухого суглинного ґрунту в 3–6 разів скорочує ресурс лапи в порівнянні з обробкою того ж ґрунту, але оптимальної (в агротехнічному сенсі) вологості, оскільки твердість більш сухого ґрунту більша, відповідно ступінь закріпленості абразивних частинок в ньому на момент їх взаємодії з поверхнею деталі вищий.

Твердість глинистих і суглинних ґрунтів при вологості 4,5 % становить 4...5 МПа. Внаслідок цього на поверхні утворюється досить міцна кірка, руйнування якої вимагає додаткових зусиль, що інтенсифікує зношування по ширині леза. При обробці таких ґрунтів ресурс лап культиваторів з ефектом самозаточування в 3–5 разів перевищує ресурс лап без цього ефекту.

Характер і величина зносу лапи при однаковому напрацюванні (26 га) залежить від її розташування на рамі культиватора (рис. 1).

Менш інтенсивно по відношенню до лап першого ряду (на 12–15 %) зношуються лапи, встановлені в другому ряду. Це пов'язано зі зменшенням щільності і твердості ґрунту через його часткове розпушування лапами першого ряду. Так, лапи, що переміщаються по слідах, залишених колесами

культиватора і рушія трактора, зношуються в 1,4–1,8 рази інтенсивніше, ніж сусідні, і потилична фаска у них виявляється виразніше (рис. 2). На майданчик, утворений цією фаскою, діє розподілене навантаження (реакція ґрунту), що прагне виштовхнути лапу на поверхню.

Вертикальна складова цього навантаження (виштовхуюча сила) зростає зі збільшенням ширини потиличної фаски.

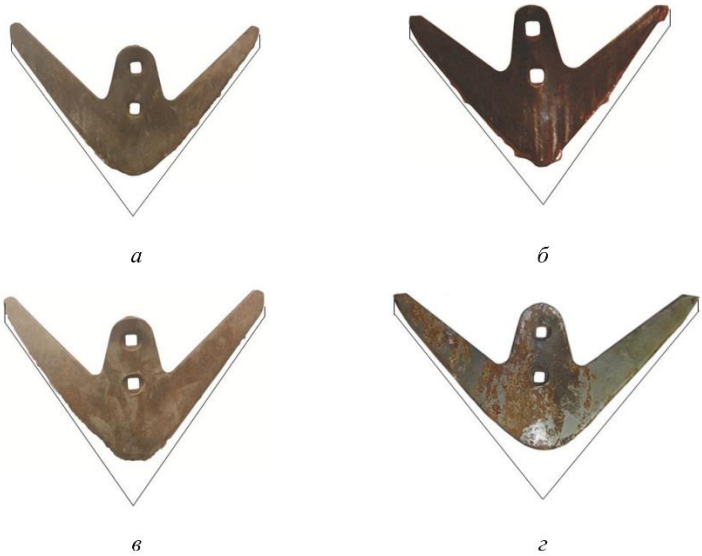


Рис. 1. Знос стрілчастих культиваторних лап після обробки 26 га суглинного ґрунту: а – лапа була розташована в першому ряду поза слідами рушія трактора; б – в першому ряду по сліду рушія трактора; в – у другому ряду по сліду опорного колеса культиватора; г – у другому ряду поза слідами рушія трактора і опорного колеса культиватора.

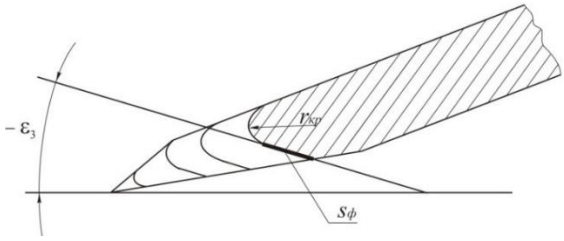


Рис. 2. Зміна форми леза монометалевої культиваторної лапи під час експлуатації: $s_ф$ – потилична фаска, мм; $r_{кр}$ – радіус ріжучої кромки, мм; $ε_з$ – кут нахилу потиличної фаски, град.

При зміні балансу діючих зусиль на користь виштовхуючої сили глибина обробки буде зменшуватися. Зі збільшенням кута нахилу потиличної фаски спостерігається збільшення тягового опору ґрунтообробної техніки, що може бути пояснено дією ущільненого ядра ґрунту на лапу. Також зростанню цього опору сприяє збільшення радіуса ріжучої кромки і твердості ґрунту.

Зміна форми двошарової ріжучої частини стрілчастої лапи в процесі експлуатації можлива за трьома варіантами (рис. 3).

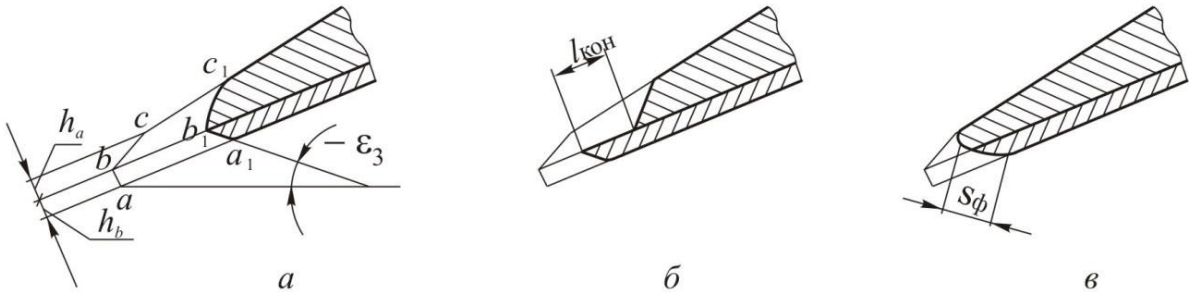


Рис. 3. Формоутворення двошарового леза робочого органу ґрунтообробної техніки під час експлуатації: а – оптимальний контур ріжучої кромки (нормальне самозагострювання); б – консольний виступ (підвищене самозагострювання); в – утворення потиличної фаски (відсутність самозагострювання)

Форма профілю двошарового леза $a_1b_1c_1$ (див. рис. 3, а) свідчить про його нормальне самозаточування під час експлуатації, тобто контур, що утворюється, є оптимальним у сенсі виконання заданих функцій (культивації). Сформована при цьому ділянка леза шириною a_1b_1 (потилична фаска) являє собою порівняно невелику площадку. Отже, виштовхуюче зусилля з боку ґрунту буде невеликим і рух робочого органу на заданій глибині стабільним.

Якщо інтенсивність зношування верхнього шару леза b_2c_2 значно більша за нижній, то утворюється консольний виступ (див. рис. 3, б). Цей порівняно тонкий консольний виступ (зміцнюючий шар) складається з твердого і досить крихкого матеріалу, що призведе до його часткових відколів під час експлуатації. Це означає зростання величини зносу і утворення ріжучої кромки пилкоподібної форми.

У тому випадку, коли інтенсивність зношування нижнього шару леза a_2b_2 перевищує аналогічний параметр для верхнього шару леза b_2c_2, то ширина потиличної фаски помітно збільшується (див. рис. 3, в). Це негативно впливає на стійкість ходу робочого органу по глибині і сприяє зростанню тягового опору.

Інтенсивне збільшення площі потиличної фаски, що призводить до виглиблення робочого органу, відбувається після критичного перевищення величини зносу ріжучої частини лапи (тобто ширини зміцненого шару). Тому визначена гранична величина зносу ріжучої частини лапи, після досягнення якої настає відмова (Таблиця 1).

Таблиця 1

Критерії граничних станів лап культиваторів

Критерії граничних станів		Значимість ознаки граничного стану, %	Вплив на функціональні якості та надійність машин
шифр	Зовнішні признаки		
ПС 1	Деформація або руйнування	5	Відмова, повна втрата працездатності
ПС2 ПС3	Затуплення леза внаслідок збільшення: - радіуса заокруглення кромки - кута загострення	15	Погіршення підрізання бур'янів і підвищення тягового опору
ПС4 ПС5	Утворення потиличної фаски:: - по величині ширини - по куту нахилу до дна борозни	3	Зниження глибини обробітку, підвищення тягового опору
ПС6	Знос носка по довжині	36	Зниження глибини обробки, пошкодження стійки, збільшення тягового опору, підвищення зносу хвостової частини лапи і головок болтів
ПС7 ПС8	Знос лапи по ширині: - захвату крила - леза	5 25	Зниження міцності деталі та ступеня підрізання бур'янів Зниження міцності деталі. Ослаблення кріплення деталі, прискорений знос носка
ПС9	Знос лапи по товщині	5	Зниження міцності деталі. Ослаблення кріплення деталі, прискорений знос носка.
ПС 10	Знос головок кріпильних болтів	6	Відмова через деформацію, руйнування або втрату деталі

Зниження величини перекриття руху лап першого і другого рядів до 10...15 мм, що призводить до неякісного підрізання бур'янів, свідчить про настання їх граничного стану через зношеність лап по ширині (таблиця 1). Гострота ріжучої кромки робочих органів визначається її радіусом.

При нормальному і збільшеному ефекті самозаточування він залежить від товщини зміцненого шару і дорівнює половині його товщини. У разі відсутності ефекту самозаточування граничним приймають радіус ріжучої кромки леза 0,5 мм.

Непрацездатний стан культиваторної лапи настає при виході навіть одного з її основних конструктивних параметрів за межі величин, регламентованих технічними умовами. Домінуючим фактором (більше 60 % випадків) при цьому є граничний знос носка і крил по ширині (рис. 1), а на всі інші можливі відмови припадає близько 40 % (таблиця 1) . При цьому

форма і розміри частини, що залишилася, стрілчастої культиваторної лапи (без ріжучої частини), а також запас її міцності і жорсткість дають можливість їх повторного використання після відновлення її працездатності.

Наведений вище аналіз роботи і зносу стрілчастих лап культиваторів показує, що інтенсивність зношування цих деталей, встановлених в різних рядах (перший або другий ряд, по слідах рушіїв і опорних коліс) значно різниться. Отже, незважаючи на працездатний стан частини робочих органів, необхідно зупинити експлуатацію для заміни робочих органів, що досягли граничного стану. Потім будуть потрібні зупинки для заміни інших лап, що досягли граничного стану. Довговічність культиватора при цьому знижується, а витрати на його ремонт зростають.

Для підвищення довговічності роботи культиватора прийнята наступна гіпотеза про необхідність збільшення зносостійкості кожного робочого органу таким чином, щоб співвідношення їх величин дозволяло досягати їх граничного стану одночасно незалежно від місця установки на рамі. Іншими словами, робочі поверхні лап повинні мати різну зносостійкість, яку забезпечать розроблені технологічні процеси відновлення та зміцнення.

УДК 621.926

АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Ільченко А.В., Бочковський В.В.
Поліський національний університет

Під подрібненням розуміється постійне зменшення вихідних розмірів частинок шляхом фізичного впливу на них зовнішніх сил, що перевершують за величиною сили молекулярного зчеплення цих частинок.

Залежно від виду деформації, що викликається в частці подрібнюваного матеріалу, і способу впливу на неї робочими органами подрібнювальних машин, відомі такі основні способи подрібнення матеріалів: ударом, стиранням, сколюванням, різанням і стисканням (рис. 1).

Спосіб подрібнення вибирається, керуючись в основному фізико-механічними властивостями матеріалу.

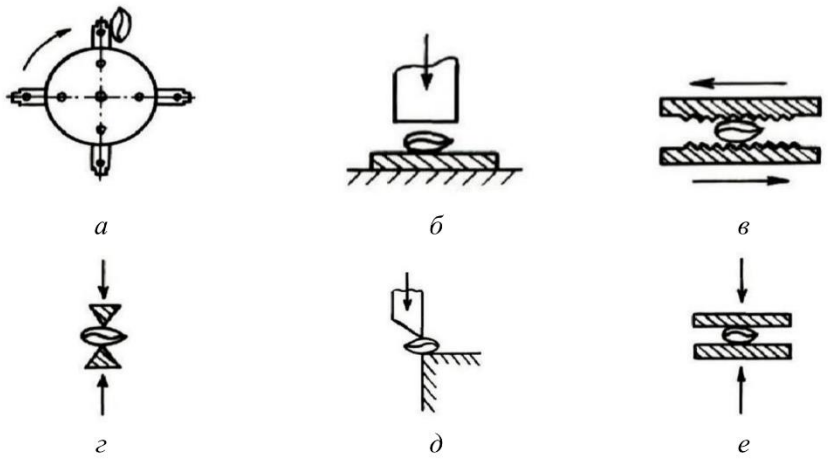


Рис. 1. Способи подрібнення матеріалів: а – вільним ударом; б – обмеженим ударом; в – стиранням; г – сколюванням; д – різанням; е – стисканням.

Найбільшого поширення серед способів процесу подрібнення набув удар. Розрізняють подрібнення за допомогою вільного (рис. 1, а) і обмеженого (рис. 1, б) ударів. Під час вільного удару подрібнення частинки матеріалу відбувається в результаті зіткнення її з робочими органами молоткової дробарки або іншими тілами в польоті. Ефективність даного процесу подрібнення визначається швидкістю зіткнення частинок матеріалу незалежно від того, рухається руйноване тіло або робочий орган дробарки. При обмеженому ударі частинка матеріалу руйнується, потрапляючи між двома робочими органами дробарки. Ефективність даного процесу подрібнення залежить від кінетичної енергії тіла, що ударяє.

При стиранні (рис. 1, в) матеріал руйнується під дією сил стиснення і тангенціальних сил, в результаті чого виходить порошкоподібний продукт. При стиранні збільшується енергоємність процесу і знос робочих органів дробарки. В результаті чого продукти зносу робочих органів дробарки можуть потрапляти в подрібнювану масу, що не є бажаним з точки зору ведення процесу.

При сколюванні (рис. 1, г) матеріал руйнується на частини в місцях найбільших концентрацій напружень, що викликаються клиноподібним розколюючим органом дробарки. Частинки більш однорідні за розмірами і формою. Цей спосіб дозволяє регулювати розміри одержуваних частинок.

При різанні (рис. 1, д) матеріал руйнується на заздалегідь задані за розміром і формою частини. Процес повністю керований.

Руйнування матеріалу при стисканні (рис. 1, е) відбувається, коли внутрішні напруження в ньому перевищують межу міцності при стисканні.

На підставі описаних способів подрібнення матеріалів можна класифікувати подрібнювальні машини, а також зробити висновок про застосування найбільш ефективної машини, що дозволяє подрібнювати

лушпиння круп'яних і олійних культур до необхідного гранулометричного складу

Для процесу подрібнення на сільськогосподарських підприємствах застосовують різні подрібнювальні машини, що розрізняються за конструкцією і типом робочих органів: хрестові, штифтові, барабанні, тарілчасті, роторні і молоткові (рис. 2).

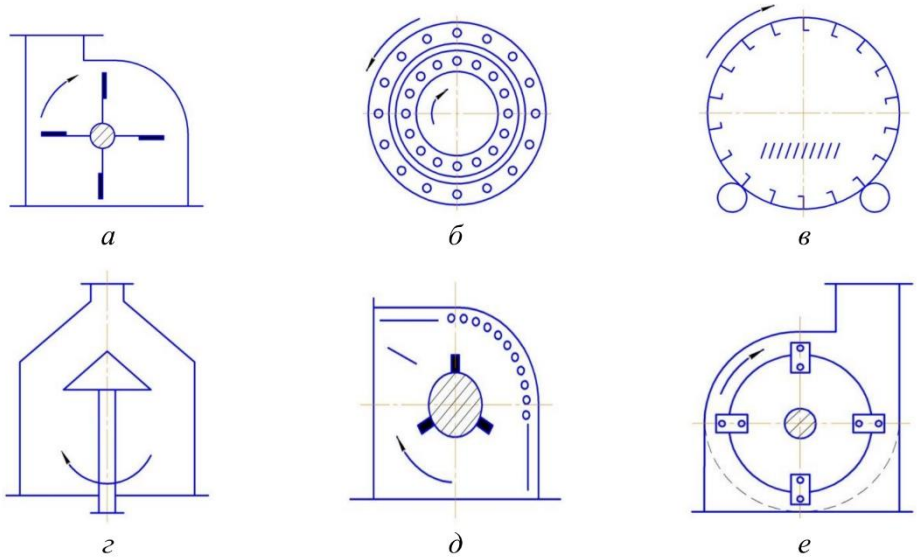


Рис. 2. Схеми подрібнювальних машин: а – хрестові; б – штифтові; в – барабанні; г – тарілчасті; д – роторні; е – молоткові.

Хрестові дробарки (рис. 2, а) у своїй конструкції мають била, жорстко закріплені на роторі, окружна швидкість бил може досягати до 100 м/с. Дані дробарки знайшли широке застосування для подрібнення м'яких матеріалів.

У штифтових дробарках (рис 2, б) одним з основних робочих органів є два циліндри, що утворюють штифти, жорстко закріплені в основі. Процес подрібнення в даних дробарках відбувається за рахунок обертання двох циліндрів зі штифтами, що обертаються назустріч один одному. Швидкість руху штифтів може досягати до 150 м/с і вище.

Готовий продукт при подрібненні штифтовими дробарками має крупність до 5 мм. Дані дробарки знайшли широке застосування для подрібнення матеріалів зниженої міцності.

Барабанні дробарки (рис. 2, в) включають в себе порожнистий барабан, що має торцеві кришки з порожнистими цапфами, встановленими в підшипниках. Дробильна камера заповнена подрібнюючими тілами на 25 – 40% і подрібнюваним матеріалом. У дробильній камері за допомогою відцентрової сили інерції подрібнюваний матеріал переміщається до стінок барабана дробарки, де стикається в зоні з подрібнювальними тілами. Дані дробарки знайшли своє застосування в основному для подрібнення маломіцних продуктів. Неможливість застосування барабанних дробарок

для подрібнення лузги круп'яних і олійних культур пов'язана з тим, що дані дробарки є періодичної дії і мають великі габаритні розміри.

У тарілчастих дробарках (рис. 2, г) подрібнення здійснюється за рахунок удару маси матеріалу, що розганяється за допомогою обертання диска (тарілки) об деку. Дані найбільш застосовні при подрібненні таких матеріалів, як глина, вапняк та ін. Тарілчасті дробарки мало застосовуються в сільському господарстві через їх недостатню ефективність процесу подрібнення.

У роторній дробарці (рис. 2 д) руйнування відбувається за допомогою ударного впливу бил по матеріалу, а також зіткнень частинок подрібнюваної маси між собою. Для найбільш ефективного руйнування подрібнюваного матеріалу окружна швидкість ротора може досягати до 80 м/с. Дані дробарки в основному застосовують при виробництві будівельних матеріалів.

У молоткових дробарках (рис. 2, е) процес подрібнення відбувається за рахунок впливу на подрібнюваний матеріал шарнірно-підвішеними на роторі молотками. Молоткові дробарки відрізняються досить високим ступенем подрібнення. Перевагами молоткових дробарок є швидке вилучення подрібненого матеріалу з дробильної камери, можливість регулювати ступінь подрібнення, легка заміна зношених робочих органів, механізоване завантаження подрібнюваного матеріалу.

Крім представлених видів подрібнювальних машин, у сільському господарстві також використовуються жорнові млини та вальцьові верстати.

Жорнові млини, в основному працюють за принципом стирання. Дані млини знайшли застосування в основному для подрібнення зернових матеріалів в борошно або дерть. Робочими органами жорнових млинів є два плоских диска (жорна), які виготовлені з матеріалів гірських порід. Робоча поверхня жорен являє собою борозенки, що відходять від центру диска до його периферії. Дана конструкція жорен сприяє найбільш швидкому виходу готового продукту, а також через борозенки здійснюється охолодження робочих поверхонь жорен. Також борозенки беруть участь частково в подрібненні матеріалу шляхом його сколювання об їх гострі кромки.

При подрібненні лузги на жорнових млинах знижується продуктивність і досить висока енергоємність процесу подрібнення.

Вальцьовими верстатами називається група подрібнювальних машин, в яких стикаються одна з одною рухомі і нерухомі поверхні робочих органів, утворюючи жорсткий контакт через подрібнюваний матеріал. Вальцьові верстати отримали найбільше поширення в борошномельному, а також комбікормовому виробництвах.

Вальцьові верстати мало придатні для подрібнення лузги, оскільки вони тільки стискають її, а не подрібнюють.

Машини для подрібнення лузги круп'яних і олійних культур повинні відповідати таким основним вимогам:

- можливість регулювати ступінь подрібнення для всіх видів лузги. Наприклад, для використання лузги в якості кормової добавки середній розмір частинок (модуль помелу) для великої рогатої худоби повинен бути до 3 мм, свиней і птахів – до 1 мм;
- забезпечення швидкого переналагодження з одного виду лузги на інший без застосування складного інструменту;
- висока зносостійкість і ремонтопридатність робочих органів;
- порівняно мала енергоємність при подрібненні лузги;
- можливість регулювання подачі подрібнюваного матеріалу до робочих органів дробарки;
- у конструктивному відношенні машина повинна бути простою в пристрої, мати високу надійність у роботі, бути зручною для обслуговування та ремонту.

Проведений аналіз представлених подрібнювальних машин показує, що молоткові дробарки найбільш повно відповідають вимогам, що пред'являються до подрібнення лузги круп'яних і олійних культур. Однак слід зазначити, що сам процес подрібнення молотковими дробарками лушпиння дотепер мало вивчений, тому постає питання про вдосконалення як самого процесу подрібнення, так і конструктивно-режимних, а також технологічних параметрів дробарки.

УДК 631.362

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОТОСЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА

Степаненко С.П., Швидя В.О.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України

У сучасних умовах підвищення вимог до якості зерна та продуктів його переробки особливої актуальності набуває використання високоефективних технологій сепарації [1, 2]. Традиційні методи очищення не завжди забезпечують достатнє видалення важковідокремлюваних домішок, таких як насіння бур’янів та пошкоджені зернини. Тому на ринку України все більшого поширення набувають фотосепаратори, що працюють на основі аналізу оптичних характеристик зернового матеріалу [3, 4]. Їх перевагами є висока ефективність відбору (понад 99,0%), здатність виділяти малі домішки та працювати з різними культурами, що робить їх універсальним інструментом у галузі післязбиральної обробки зерна.

Метою дослідження є підвищення ефективності очищення зерна за допомогою фотосепарації шляхом створення математичних моделей, які описують взаємодію світла з поверхнею зернин, а також перевірка точності цих моделей на розробленій експериментальній установці. Для досягнення даної мети: отримано формули для визначення ймовірності видалення некондиційного зерна; розроблена модель ефективності технологічного процесу сепарації; перевірено правильність отриманих результатів за допомогою експериментів.

В процесі досліджень використано методи математичного моделювання процесів взаємодії світлового випромінювання з поверхнею зерна та пневмоекстракції некондиційних частинок. Фотосепаратор функціонує за принципом: зерно подається в зону сканування, де кожна зернина освітлюється джерелами світла, відбитий сигнал аналізується сенсорами, після чого формується рішення щодо придатності зернини. У випадку виявлення дефекту електромагнітний клапан активує пневмострумінь, який видаляє небажану частинку в окрему фракцію. Для підтвердження теоретичних моделей використано експериментальну установку із можливістю регулювання світлових параметрів та тиску повітряного струменя.

Ймовірність вилучення окремої некондиційної зернини можна описати залежністю:

$$P = 1 - e^{-k \cdot I \cdot \tau}$$

де P – ймовірність вилучення; k – коефіцієнт контрастності оптичних характеристик; I – інтенсивність світлового потоку; τ – час експозиції.

Технологічна ефективність процесу сепарації визначається виразом:

$$E = \frac{N_V}{N_d} 100\%$$

де E – ефективність сепарації; N_V – кількість вилучених домішок; N_d – загальна кількість домішок у вихідному матеріалі.

Окрему увагу приділено моделюванню оптичних характеристик зерна. Для більш точного опису процесу використано залежності, що враховують коефіцієнт відбиття та коефіцієнт заломлення поверхні зернин. Узагальнене рівняння для відображеного сигналу має вигляд:

$$I_V = I_0 R \cos \alpha$$

де I_V – інтенсивність відбитого сигналу; I_0 – інтенсивність падаючого випромінювання; R – коефіцієнт відбиття; α – кут падіння світлового променя.

Крім того, для оцінки інтегральної ефективності процесу було розроблено показник Ктех, що враховує не лише відсоток вилучених домішок, а й рівень збереження кондиційного зерна:

$$K_{int} = \frac{N_V}{N_d} \cdot \frac{N_{g0}}{N_{g.max}}$$

де N_V – кількість вилучених домішок; N_d – загальна кількість домішок; N_{g0} – кількість збереженого кондиційного зерна; $N_{g.max}$ – загальна кількість кондиційних зернин у вихідному матеріалі.

Проведені дослідження довели, що ефективність роботи фотосепаратора залежить від комплексу параметрів: спектральних характеристик джерела світла, швидкості руху стрічки подачі, розташування сенсорів та чутливості оптичної системи. Найбільший вплив на кінцевий результат має поєднання спектра випромінювання із відбивними властивостями конкретної зернової культури. Наприклад, для пшениці оптимальним є використання зеленого та червоного діапазонів, тоді як для кукурудзи більш ефективним виявляється інфрачервоне випромінювання.

Практична значущість дослідження полягає в можливості створення адаптивних систем керування фотосепараторами. Такі системи автоматично підбиратимуть параметри освітлення та пневмовидалення залежно від типу культури та її фізико-механічних властивостей. Це дозволить знизити енерговитрати, зменшити кількість помилкових відборів і підвищити загальну продуктивність.

Отримані аналітичні моделі дозволили оцінити вплив інтенсивності світла та часу експозиції на ймовірність вилучення дефектних зернин. Збільшення освітленості підвищує контрастність зображення, що сприяє більш точній класифікації. Експериментальні дослідження підтвердили достовірність теоретичних розрахунків: відхилення між моделлю та реальними даними не перевищує 5%. Найкращі результати досягнуті при поєднанні високої інтенсивності освітлення з оптимальними параметрами пневмоструменя.

Для практичного впровадження фотосепараторів у виробництво слід рекомендувати: використовувати багатоспектральні джерела освітлення для підвищення контрастності; оптимізувати тиск і напрямок пневмоструменя залежно від культури; застосовувати алгоритми машинного навчання для адаптивного налаштування системи аналізу. Подальші дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію фотосепараторів із системами комп’ютерного зору та автоматизованого керування технологічними процесами. Додатково слід зазначити, що фотосепарація є не лише

технологічним процесом, а й важливим етапом у системі забезпечення харчової безпеки. Видалення некондиційних зернин та сторонніх домішок сприяє підвищенню якості кінцевої продукції, зменшує ризики потрапляння токсичних компонентів і мікробіологічних забруднень. У поєднанні з іншими методами післязбиральної обробки (сушіння, очищення, калібрування) фотосепарація формує комплексний підхід до вдосконалення технологічного циклу.

Висновки. Доведено ефективність застосування фотосепараторів для видалення важковідокремлюваних домішок із зернового матеріалу. Запропоновано аналітичні вирази для опису ймовірності вилучення зернин та ефективності процесу, які узгоджуються з результатами експериментів. Встановлено, що найбільший вплив на точність сепарації мають інтенсивність світлового випромінювання та параметри пневмоструменя. Таким чином, фотосепарація є перспективним напрямом розвитку агропромислового комплексу. Її подальше вдосконалення можливе за рахунок інтеграції з технологіями штучного інтелекту, комп’ютерного зору та роботизованих систем. Використання методів глибинного навчання відкриває можливості для ідентифікації прихованих дефектів зерна, які не завжди можна виявити класичними оптичними методами.

Список використаних джерел

1. Stepanenko, S., Kotov, B., Spirin, A., Kucheruk, V. (2022) Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity. Bulletin of the Karaganda University. Physics series, 1 (105), 43-57. http://dx.doi.org/10.31489/2022PH1/43-57

2. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, I. Demchuk, V. Melnyk, D. Volyk. Modelling of aerodynamic separation of grain material in a combined centrifugal-pneumatic separator. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 23, May 22-24, 2024 Jelgava, Latvia. p. 1143-1149. https://doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF236

3. S Stepanenko, D Volyk, A Kuzmych, V Melnyk. Theoretical study of the movement of grain particles in a vibro-aerodynamic field. ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT. Proceedings, Volume 24, May 21-23, 2025 Jelgava, Latvia. p. 1091-1096. https://doi.org/10.22616/ERDev.2025.24.TF278

4. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, M. Aneliak, D. Volyk, V. Melnyk, R. Kalinichenko. Mathematical modeling of grain movement dynamics in the processes of air-centrifugal separation of grain material. Journal of Central European Agriculture, 2025, 26(2), p.383-393. https://doi.org/10.5513/JCEA01/26.2.4301

УДК 631.35:633.78

ОСОБЛИВОСТІ ЗБИРАННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО

Ткач О.В., Овчарук О.В., Овчарук В.І.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Цикорій відноситься до невибагливих рослин, яка може при дотриманні певних умов вирощування приносити значні прибутки. Завдяки стійкості рослини до хвороб і шкідників захисні заходи із застосуванням різних ядохімікатів не потребуються. Недосконалість існуючих технологій вирощування даної культури в Україні призводить до значних затрат коштів і великих втрат коренеплодів цикорію при збиранні. Це пояснюється низькою механізацією технологічного процесу вирощування а насамперед збирання та процесу викопування коренів, що обумовлено специфічними фізико-механічними властивостями коренеплодів цикорію.

Головною причиною, що стримує широке впровадження у виробництво цикорію коренеплідного - є низький рівень механізації вирощування, а особливо збирання та відсутність рекомендацій щодо його зберігання.

Для вирішення поставлених проблем слід розробити сучасну комплексну технологію вирощування і технічні засоби для збирання цикорію коренеплідного.

Аналіз останніх досліджень. При вирощуванні цикорію коренеплідного основними чинниками, які впливають на формування і ріст коренів є сівба, догляд за посівами та збирання врожаю. Технологічні процеси з сівби та догляду за посівами були досліджені, тому більш детально необхідно зупинимось на збиранні врожаю.

Цикорієм, технологією вирощуванням і селекцією, займаються науковці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААНУ, Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції ІКСГП НААНУ і ЗВО «Подільський державний університет». За останні роки ними досягнуто значних успіхів у селекції цикорію. Проведено реєстрацію й районовано в цикорієсіючих господарствах України нові сорти цикорію з підвищеним вмістом інуліну - «Уманський-95, Уманський-96, Уманський-99». Частково вказаними науково-дослідними установами було вирішено проблему посіву, догляду за рослинами при вирощуванні цикорію коренеплідного [1,5], але повністю залишено поза увагою основне питання - розробка технологічного процесу та технічних засобів для збирання цикорію коренеплідного [3].

Для удосконалення технологічного процесу збирання цикорію коренеплідного, розробки робочих органів, обґрунтування їх параметрів і

режимів роботи, в першу чергу, необхідно встановити властивості коренеплодів основних районованих сортів цикорію та визначити оптимальні умови для їх зберігання.

Результати досліджень. Перед збиранням врожаю на полях з ущільненим ґрунтом міжряддя рихлять культиваторами на глибину 8-12 см в 1-2 прийоми, що сприяє підвищенню якості збирання. Необхідно пам'ятати, що цикорій повинен бути зібраний до морозів і найкраще - у суху погоду. В Україні кращі терміни збирання цикорію припадають на другу половину вересня - початок жовтня, а при теплій осені можуть бути продовжені до кінця жовтня [4].

Таблиця 1

Характеристика основних ознак і властивостей сортів цикорію з різною формою коренеплоду

Показники	Сорт і форма коренеплоду		
	Уманьський 90, видовжена	Уманьський 96, циліндрична	Уманьський 99, конічна
Довжина коренеплоду, см	27,7-29	24,9-27,5	23,0-24,2
Діаметр коренеплоду, см	4,9-9,0	5,8-8,3	5,9-8,7
Висота голівки, см	1,248	1-3	0,8-2,5
Врожай т/га	20,6-29,1	20,0-33,6	21,9-33,0
Маса коренеплоду, г	416-456	352-464	470-482
Вміст інуліну, %	15,9-17,2	15,7-18,0	16,2-18,1
Збір інуліну, т/га	3,3-5,0	3,1-6,0	3,8-6,0
Втрати при збиранні, %	17-35	8-20	5-12

При виборі оптимальних параметрів робочих органів збиральної техніки необхідно враховувати величину захисної зони коренеплодів. Для копального органу однобічної дії вона складає 78,8 мм, а двобічної 33,8 мм, тобто в 2,3 рази менше. У зв'язку з цим перед збиранням необхідно визначити параметри зони відхилення коренеплодів від умовної лінії рядків закономірності розташування, ширину міжрядь, діаметр, довжину коренеплодів, фактори при врахуванні яких ушкодження коренеплодів цикорію буде мінімальним. Установлено, що якість збирання в значній мірі залежить від форми коренеплоду. Для механізованого збирання найбільш придатними виявилися сорти цикорію з конічною формою коренеплоду. Вони забезпечували у виробничих умовах врожай коренеплодів до 33,0 т/га, збір інулін - до 6,0 т/га і мали найменші втрати при збиранні в межах 5-12 %. Даним критеріям найбільш повно відповідають сорти Уманський-95, Уманський-97 і Уманський-99 [1,5].

При збиранні стандартними вважають коренеплоди цикорію діаметром понад 2 см. Їхній поділ на стандартну і нестандартну фракції найкраще робити за допомогою сортувального пункту ПСК-6 він не тільки розділяє коренеплоди за розмірами, але очищає їх від домішок і ушкоджених коренеплодів. Між збиранням коренеплодів цикорію, їхнім сортуванням і здачею на завод не повинно бути великого розриву в часі [1].

Листя й обрізані голівки цикорію доцільно використовувати на корм худобі. Встановлено, що в середньому врожай листя з обрізаними голівками (12 т/га) знаходиться 0,78 т/га засвоюваного білка, стільки ж, як і в 22,8 т/га картоплі чи 6,5 т житніх висівок. Зелена маса листя цикорію коренеплідного швидко в'яне, тому при великих обсягах збирання її доцільно силосувати з соломою і кормовими культурами. Кормова цінність коренеплодів цикорію аналогічна цінності цукрових буряків. Годівля листям й обрізаними голівками цикорію тварин не тільки підвищує їхню продуктивність, але і робить їх стійкими до багатьом захворювань [5].

Висновок. Виходячи з цього можна зробити висновок, що серійні коренезбиральні машини не можуть ефективно і без витрат провести збирання, через значну довжину продуктивної частини коренів 18-27 см і наявності у викопуючих органах машин значних зусиль, які згинають і скручують коренеплод.

Проблема механізованого збирання коренів цикорію є актуальною не тільки в Україні. При вирішенні цього питання вчені пішли шляхом виведення нових сортів цикорію, форма коренеплодів у яких конічна і подібна по формі до цукрового буряка. Для викопування застосовують бурякозбиральні машини після незначного їх переобладнання.

Список використаних джерел

1. Енергозберігаюча технологія вирощування цикорію коренеплідного з комбінованою шириною міжрядь (рекомендації) / М.І. Бахмат, О.В. Ткач, В.Л. Курило, В.Г. Молдован, А.В. Моргун. Кам'янець–Подільський: Аксіома, 2019. 54 с.

2. Гументик М. Я. Обґрунтування параметрів робочих органів для підкопування коренеплодів цикорію// Зб. наук. пр. ІЦБ УААН. Київ - 2000. – С. 139 - 141.

3. Tkach O., Pantsyreva H., Ovcharuk O., Ovcharuk V., Padalko T., Tkach L, Amorcite O. Influence of feeding area on development, productivity and nutritional value of chicory. Estonian University of Life Sciences. *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22 (1) P. 301-312

4. Ткач О.В. Енергозберігаючий спосіб вирощування цикорію коренеплідного з комбінованою шириною міжрядь. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.* Кам’янець-Подільський, 2019. Вип. 31. С. 30-36.

5. Яценко О.Я. Цикорій коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: Навчальний посібник. - Умань: ФІЦБ УААН, 2003.- 161 с.

6. Ткач, О.В., Овчарук, О.В., Підлісний, В.В. (2017). Вирощування цикорію кореневого з комбінованою шириною міжрядь [Growing chicory root with combined row spacing]. У: Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII міжнародної наукової конференції, с. 206–208.

УДК 631.365.22

ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ

Степаненко С.П., Швидя В.О., Анеляк М.М.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України

Якісні показники насіння зернобобових культур, особливо призначеного для селекційних цілей, критично залежать від режиму сушіння [1, 3, 4, 6]. Основними керуючими параметрами є температура насіння (θ) та тиск (P) у вакуумній сушильній камері. Головною проблемою інтенсивного сушіння є виникнення напружень, які призводять до тріщин та погіршення посівних якостей [1, 5, 7, 8]. Нерівномірне всихання та поява тріщин обумовлені неоднорідною структурою насінини (оболонка, зародок, ендосперм) та різницею у швидкості видалення вологи: випаровування з поверхні та дифузія з внутрішніх шарів.

Процес видалення вологи з насінини у вакуумі відбувається у два ключові періоди: Період постійної швидкості, який характеризується інтенсивним випаровуванням вологи із зони, розташованої близько до поверхні. Швидкість сушіння залежить переважно від зовнішніх технологічних параметрів; Період спадаючої швидкості: Відбувається сповільнення, пов'язане з видаленням міцно зв’язаної вологи, яка надходить із внутрішніх частин (зародка) завдяки дифузії. Швидкість сушіння в цей період визначається законами внутрішнього вологопереносу.

Враховуючи, що основна частина вологи видаляється в перший період, і саме швидкі зміни вологості спричиняють напруження, основний акцент дослідження зосереджено на динаміці вологопереносу в неоднорідному матеріалі.

Нерівномірне всихання зовнішньої (випаровування) та внутрішньої (дифузія) зон насінини призводить до виникнення напружень (σ). Ці напруження виникають, коли різниця деформацій перевищує критичне

значення. Згідно з аналізом деформацій сферичних оболонок, напруження можуть бути розраховані за формулою [3, 4, 9]:

$$\sigma = \frac{d_0 \cdot \beta_l \cdot E}{r_e \cdot (1-\mu)} \cdot (u_z - u_r)$$

де E – модуль лінійної деформації, Н/м^2; μ – коефіцієнт Пуассона; d_0 – еквівалентний діаметр абсолютно сухої насінини, м; β_l – коефіцієнт лінійного всихання; u_z, u_r – вологість у зовнішній та у внутрішній зоні випаровування насінини [4, 9], відповідно, %.

Основний фактор, що провокує появу тріщин - це градієнт вологості $(u_z - u_r)$. Для його оцінки використано критерій Кірпічева, який залежить від градієнта вологості [3]:

$$Ki_m = \frac{2\pi}{u_0} \cdot (u_z - u_r)$$

Для визначення динаміки зміни вологості всередині насінини розв'язано диференціальне рівняння дифузії другого порядку параболічного типу, з урахуванням сферичної форми насінини. Шляхом застосування підстановки та методу рядів Фур'є, отримано аналітичне рішення, що описує розподіл вологості в часі та просторі.

Для забезпечення щадного сушіння (без тріщин) необхідно, щоб швидкість випаровування з поверхні не перевищувала швидкість дифузії вологи зсередини. Це умова еквівалентна вимозі, щоб градієнт вологості не перевищував критичного значення.

На рисунку 1 проілюстровано динаміку зміни вологістного поля всередині насінини при тиску всередині вакуумної сушильної камери 50 кПа.

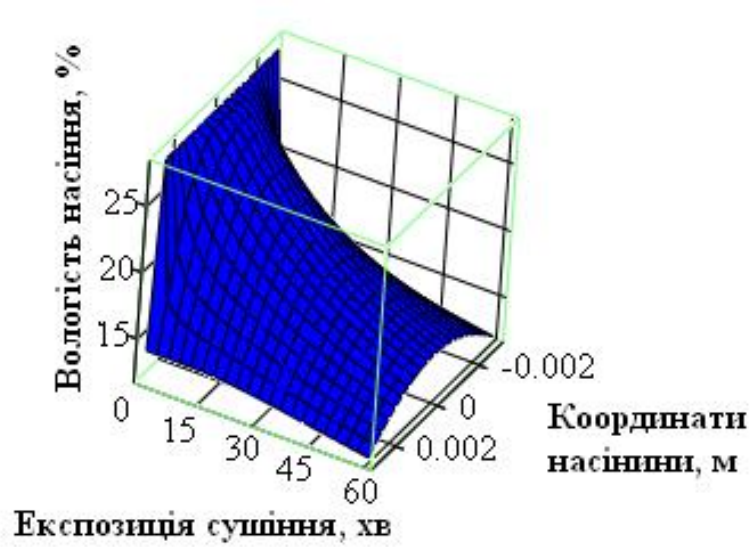


Рис. 1. Динаміка зміни вологістного поля всередині насінини

Для забезпечення рівномірного сушіння та запобігання градієнтам температури всередині шару насіння необхідно забезпечити його постійне

перемішування. Згідно з дослідженнями, лопатки в сушильному барабані повинні мати прямокутний переріз і бути приєднані радіально вздовж твірних, щоб максимізувати обсяг насіння, що піднімається, і уникнути поздовжнього зміщення.

Проведені дослідження дозволили встановити взаємозв'язок між технологічними параметрами, внутрішнім вологопереносом та ризиком пошкодження насіння. Обґрунтовано раціональні параметри щадного вакуумного сушіння насіння зернобобових (T≈33,5 - 34^{0}C, P≈52 - 60кПа) та надано математичні моделі для розрахунку конструкційних параметрів (радіус, довжина, кількість лопаток) сушильного барабана. Це забезпечує можливість створення високоефективних вакуумних сушарок, що зберігають посівні якості селекційного насіння [2].

Список використаних джерел:

1. Котов Б.І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження): [колект. монографія]. Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва". Київ ; Ніжин : Лисенко М. М. 2017. 551 с.

2. Степаненко С.П., Швидя В.О., Коновал О.О., Попадюк І.С. Результати виробничих випробувань дослідного зразка вакуумної барабанної сушарки СВБ-10. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва: загальнодержавний збірник.* Глеваха. 2023. Вип. № 3 (117) - С. 55-64. https://doi.org/10.37204/2786-7765-2023-3-6

3. Швидя В. О. Математичне моделювання процесу вакуумного сушіння качанів кукурудзи. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва: загальнодержавний збірник.* Глеваха. 2023. Вип. № 1 (115) - С. 105-113. https://doi.org/10.37204/2786-7765-2023-1-10

4. Shvidia, V.O., Stepanenko, S.P., Kotov B.I., Spirin A.V., & Kucheruk V.Yu. (2022) Influence of vacuum on drying of seeds of grain crops Herald of Karaganda University. "Physics" series. № 3(107)/2022 - p. 90-98.https://doi:10.31489/2022PH3/90-98

5. B. Kotov, R. Kalinichenko, Y. Pantsyr, S. Stepanenko. Mathematical modeling of the grain cooling process in installations with radial air supply. Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agroengineering Research, 2023 (27), 101–107. https://doi.org/10.31734/agroengineering2023.27.101

6. Kaletnik H., Solona O., Kotov B., Stepanenko S., Shvidia V., Kalinichenko R., Tverdokhlib I., Polievoda Y. The usage of the elemental base of the vibratory mill with the spatial circulation movement of material to create drying rig. Przeglad Elektrotechniczny. 2024. Vol. 100, № 3. P. 232-237. https://doi.org/10.15199/48.2024.03.41

7. Котов Б.І., Степаненко С.П., Грищенко В.О., Панцир Ю.І., Герасимчук І. Д. Автоматизація керування температурним режимом теплогенератора з регулятором нечіткої логіки. *Механіка та автоматика агропромислового виробництва: загальнодержавний збірник.* Глеваха. 2022. Вип. № 15 (114) - С. 138-145. https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-17

8. Aneliak M., Kuzmych A., Stepanenko S., Lysaniuk V. Study of the process of threshing leguminous grass seeds with a drum-type threshing device. INMATEH - Agricultural Engineering, 71 (2023), No. 3, 83-92. https://doi.org/10.35633/inmateh71-06

9. Kotov B., Stepanenko S., Tsurkan O., Hryshchenko V., Pantsyr Y., Garasymchuk I., Spirin A, Kupchuk I. Fractioning of grain materials in the vertical ring air channel during electric field imposition, Przegląd Elektrotechniczny 1 (2023), 100-104. https://doi:10.15199/48.2023.01.19

УДК 631.332.7

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ

Борак К.В., Вакулін В.В.
Поліський національний університет

Картопля є однією з найпоширеніших культур у світі; її вирощування забезпечує мільйони фермерських господарств і є важливою частиною продовольчої безпеки. Посадка бульб вимагає значних трудових ресурсів і точності розміщення, оскільки неправильна відстань між рослинами і нерівномірна глибина призводять до втрат урожаю і погіршення якості. Механізовані сівалки дозволяють зменшити трудові затрати, підвищити продуктивність і забезпечити рівномірну густоту посадки. Економічний аналіз механізованої посадки показує, що використання дворядної саджалки з регульованою шириною міжрядь та одночасним внесенням добрив зменшує витрати на 37,5 % порівняно з ручною працею і забезпечує рівномірну густоту рослин.

У роботі розглянуто сучасний стан технічних засобів для посадки картоплі, їх основні типи та недоліки. Окремо аналізуються перспективні напрямки розвитку: удосконалення механічних систем подачі, впровадження електромеханічних та електронних дозувальних пристроїв, використання сенсорів і штучного інтелекту для контролю якості посіву, перехід до електрифікованих машин та роботизованих комплексів. Акцентовано увагу на економічних, екологічних та соціальних аспектах впровадження нових технологій.

Зараз у світі застосовують переважно дві схеми подачі бульб: ланцюгово-ложкові та вакуумні (присмоктувальні) апарати. Ланцюгово-ложкові саджалки відносно прості та дешеві, але мають високий відсоток подвійної посадки і пропусків, особливо при висаджуванні нарізаних бульб. Вакуумні системи забезпечують кращу сингуляцію, але залежать від стабільної потужності вентилятора і засмічуються при обробленні великої кількості бульб різної форми. Рівень пропусків і надлишкових висадок сильно залежить від швидкості руху машини, коливань ґрунту і розмірів насіннєвого матеріалу.

Сучасні технології вирощування картоплі передбачають точне дотримання відстані між рослинами (зазвичай 25–40 см), рівномірну глибину закладання (6–10 см) та мінімальну кількість пропусків і подвійних посадок. Дослідження показують, що механізована посадка забезпечує рівномірну популяцію рослин і підвищує врожайність порівняно з ручною працею. Тому виробники шукають технологічні рішення, які дозволять одночасно підвищити точність дозування, контролювати глибину та відстань, скоротити витрати на робочу силу і адаптувати машину до різних умов поля.

Найбільш актуальною проблемою картоплесаджалок є пропуски посадки (відсутність бульби у лунці) та подвійні висадки. У 2025 р. група дослідників [1] розробила високоточну електронну систему дозування з автоматичним виявленням пропусків і пересаджуванням, що складається з п’яти модулів: блок первинної посадки, механізм автоматичного пересаджування, контролер управління, джерело живлення і програмно-апаратний інтерфейс. На оптимальній відстані між бульбами 41,24 см і швидкості 2,13 км/год система досягала 98,7 % коефіцієнта якості посадки та 100 % коефіцієнта пересаджування; її вартість становить близько 130 USD [1].

У роботі відзначено, що помилки дозування виникають через конструктивні недоліки апарату та зміну фізичних властивостей ґрунту; для їх компенсації пропонуються сенсорні системи контролю з фотоелектричними або волоконно-оптичними датчиками, які відстежують пропуски і вчасно активують механізм повторної висадки [1]. Такий підхід може стати основою для створення модульних електронно-керованих саджалок з можливістю адаптації відстані між бульбами, зміни швидкості та автоматичного самокалібрування.

З розвитком глибинного навчання з’явилися системи, що оцінюють роботу саджалки в реальному часі. Поліпшений алгоритм YOLOv5n разом із трекером ByteTrack дозволяє визначати кожен насіннєвий шматок та відповідну ложку у полі зору камери і з точністю 96,6 % підраховувати пропуски, подвійні висадки та правильне висаджування [2]. Система скорочує параметри базової нейромережі більш ніж на половину,

зберігаючи високу точність (mAP≈98 %), і може працювати на мобільних пристроях.

Завдяки об'єднанню детектора YOLO з алгоритмом відстеження ByteTrack машина отримує реальний підрахунок бульб, що дозволяє оператору оперативно коригувати подачу насіннєвого матеріалу [2]. Перевага таких систем полягає в можливості інтеграції з GPS-навігацією та контролем глибини, що відкриває шлях до автономних самонавігаційних саджалок.

Післясортовані або нарізані бульби мають різну форму і розмір, що призводить до подвійних і пропущених посадок. Китайські дослідники створили новий ложковий апарат, який містить відокремлювач надлишкових бульб і систему гасіння інерції ложки. Під час bench-випробувань оптимальною була швидкість зірочки близько 35 об/хв; у полі досягнуто 91,5 % кваліфікованої посадки, 3,1 % пропусків і лише 5,4 % подвійних висадок [3]. Даний результат демонструє потенціал адаптивних ложкових апаратів для робіт з нарізаними бульбами та важкими ґрунтовими умовами.

У районах з нестачею вологи та високим випаровуванням використовують плівкове мульчування. Китайський колектив розробив машину, яка одночасно формує гребінь, пробиває отвори у пластиковій плівці, висаджує бульби та засипає їх. Під час випробувань точність дотримання глибини посадки під плівкою становила 95,6 % [4]. Автори зазначають, що подальші дослідження мають зосередитись на пристроях для стабілізації відстані між рослинами, які не залежать від швидкості руху машини; для цього пропонується застосувати безступінчасті приводи та цифрове керування.

Нова система Seed Sensing від компанії Bluefield Seeding Solutions базується на тому, що посадкові катки оснащуються датчиками, які фіксують контакт з кожною бульбою при її укладанні в ґрунт. Ця технологія надає точні координати кожного насіннєвого матеріалу, визначає кількість ідеальних, невдалих, подвійних висадок та пропусків і дозволяє операторам контролювати продуктивність саджалки в реальному часі без виходу з трактора. Дані передаються на мобільний додаток, де фермер може переглядати середню відстань між бульбами, норму висіву та інші показники, а також віддалено спостерігати за роботою машини. Накопичення інформації про кожне поле допомагає аналізувати продуктивність, оптимізувати норму висіву та зменшувати витрати.

Нова система Seed Sensing від компанії Bluefield Seeding Solutions базується на тому, що посадкові катки оснащуються датчиками, які фіксують контакт з кожною бульбою при її укладанні в ґрунт. Ця технологія надає точні координати кожного насіннєвого матеріалу, визначає кількість ідеальних, невдалих, подвійних висадок та пропусків і дозволяє операторам контролювати продуктивність саджалки в реальному часі без виходу з трактора. Дані передаються на мобільний додаток, де фермер може

переглядати середню відстань між бульбами, норму висіву та інші показники, а також віддалено спостерігати за роботою машини. Накопичення інформації про кожне поле допомагає аналізувати продуктивність, оптимізувати норму висіву та зменшувати витрати.

У майбутньому роботи доповнюватимуть традиційні саджалки та виконуватимуть кілька функцій: посадка, підгортання, догляд, обробіток бур'янів і збір даних. За даними PotatoPro, роботизовані системи допомагають вирішити проблему нестачі робочої сили; автоматизація дозволяє виконувати повторювані операції, такі як посадка, із точністю, що зменшує перевитрати води, добрив і засобів захисту. Оцінюється, що роботизація може підвищити урожайність картоплі на 20 % і зменшити витрати ресурсів до 85 %, а також скоротити потребу в ручній праці до 60 %.

Основними видами робіт є:

Роботи-саджалки – автономні машини, які з GPS та сенсорами висаджують бульби на задану глибину і з точним кроком.

Роботи для прополювання – за допомогою камер та алгоритмів комп'ютерного бачення відрізняють рослини картоплі від бур'янів, видаляючи останні без застосування гербіцидів.

Роботи-збирачі – використовують м'які робочі органи для акуратного викопування і збору бульб, що зменшує їх травмування.

Роботи для моніторингу – їздять або літають над полем, збираючи дані про вологість ґрунту, стан рослин та шкідників; це дозволяє оперативно реагувати на проблеми.

Разом із тим роботизація стикається з бар'єрами: високою вартістю, складним рельєфом та ґрунтовими умовами, потребою в кваліфікованих операторах, залежністю від погодних умов, вузькою спеціалізацією машин і проблемами зі зв'язком та електроживленням. Тому перспективним напрямком є створення модульних роботів, здатних виконувати кілька операцій на різних етапах виробництва, а також розвиток інфраструктури для технічного обслуговування.

Безпілотники, супутники та ґрунтові сенсори формують цифрові карти полів, що дозволяє оптимізувати посадку та догляд за картоплею. За словами експертів Spud Smart, фермери вже застосовують спектральні знімки, аналіз вологості та рівня живлення ґрунту за допомогою датчиків, а автономні машини, оснащені комп'ютерним зором, здатні точково вносити добрива та засоби захисту. Величезні обсяги даних, що збираються через телематику, дозволяють плантарам навчатися на власних помилках, а також отримувати віддалені оновлення програмного забезпечення. Аналіз цих даних через системи підтримки прийняття рішень допомагає фермеру вибирати оптимальну густоту посадки, дату висадження та норми внесення добрив з урахуванням прогнозу погоди і стану ґрунту.

Переваги механізації для фермерів виходять за межі зменшення робочих витрат. В Індонезії застосування механічної саджалки з добриворозкидачем збільшило доходи на 22,8 млн індонезійських рупій на гектар і забезпечило коефіцієнт вигоди – витрат 1,55 (вища рентабельність, ніж ручна посадка) [5].

Автоматичні, електронно-керовані плантарі дозволяють скоротити споживання насіннєвого матеріалу та добрив, що позитивно впливає на навколишнє середовище та зменшує викиди CO2. Використання роботів і електрифікації сприяє зниженню енергоспоживання та шумового забруднення. Крім того, зменшення потреби в ручній праці дозволяє операторам виконувати складніші завдання (управління та аналітика), що змінює структуру сільськогосподарської зайнятості.

Разом з тим, висока вартість обладнання, потреба в навчанні персоналу і адаптація до різних ґрунтових умов залишаються ключовими бар'єрами. За даними ринкових досліджень, вартість автоматичних картоплесаджалок і вимоги до інфраструктури стримують дрібних фермерів; для розширення використання необхідні фінансові програми, оренда техніки, модульний дизайн та локальне сервісне обслуговування

Сучасні дослідження та практичні розробки показують, що майбутнє машин для посадки картоплі лежить на перетині механіки, електроніки, цифрових технологій та робототехніки. Основними тенденціями є:

Перехід до високоточних електромеханічних дозувальних систем – застосування електроприводів, безступінчастих редукторів і автоматичного пересаджування дозволяє значно знизити частоту пропусків і подвійних висадок.

Інтеграція сенсорів та комп'ютерного зору – камери та алгоритми глибинного навчання забезпечують реальний моніторинг висадки, дозволяють вчасно виявляти помилки й оптимізувати роботу без зупинки машини.

Використання електрифікованих та гібридних приводів – електричні машини забезпечують точніший контроль і нижче енергоспоживання; перехід до електротрансмісій у тракторах відкриває нові можливості для живлення саджалок.

Розвиток роботизованих і автономних систем – роботи-саджалки, бур'яноуборочні і збиральні роботи доповнюватимуть класичні агрегати, дозволяючи суттєво скоротити потребу в робочій силі та підвищити продуктивність.

Цифрова аналітика і «розумні» ферми – поєднання роботизованих машин, датчиків, супутникового моніторингу та систем підтримки прийняття рішень дозволить точно планувати строки посадки, оптимізувати норми добрив, прогнозувати врожайність та знижувати витрати.

Для успішного впровадження цих технологій необхідно забезпечити доступність нових машин для дрібних і середніх фермерів, удосконалити навчальні програми, розвинути сервісні мережі та підтримати міжнародну

кооперацію в галузі точного землеробства. Окрім того, важливим є адаптація техніки до локальних умов: різних типів ґрунту, клімату і сорту картоплі. При дотриманні цих умов технологічний прогрес зробить виробництво картоплі більш стійким, екологічним та економічно вигідним.

Список використаних джерел

1. Abdallah Elshawadfy Elwakeel, Ahmed Elbeltagi, Ali Salem, Ahmed Z Dewidar. Optimized design and performance evaluation of a highly precise variable rate mis-planting and replanting potato electronic-metering mechanism. Front Plant Sci. 2025 May 16;16:1531377. doi: 10.3389/fpls.2025.1531377.

2. Cisen Xiao, Changlin Song, Junmin Li, Min Liao, Yongfan Pu, Kun Du Potato precision planter metering system based on improved YOLOv5n-ByteTrack. Front Plant Sci. 2025 Apr 28;16:1563551. doi: 10.3389/fpls.2025.1563551.

3. Jiarui Wang, Min Liao, Chao Su, Rui Chen, Hailong Xia, Junju Li, Chenyang Qiao. Study on the excess seeds removing performance of a potato precision seed metering device. Sci Rep. 2024 Nov 13;14:27832. doi: 10.1038/s41598-024-79635-1.

4. Baowei Li,Wei Sun, Wei Sun, Zhiwei Zhao, Petru A. Simionescu. Development and Validation of a Potato Seeding Machine with Integrated Plastic Film Mulch Punching Mechanism. Agronomy 2024, 14(7), 1570; https://doi.org/10.3390/agronomy14071570.

5. Dewi Sahara, Cahyati Setiani, Dewa Ketut Sadra Swastika, Robet Asnawi, Sri Bananiek Sugiman, Andi Yulyani Fadwiwati, Tota Suhendrata, Amiruddin Syam, Agus Supriyo, Atman, Triyani Dewi. Strategy formulation of agricultural machinery development for sustainable potato farming in upland of Banjarnegara Regency, Central Java, Indonesia. Heliyon. 2024 Oct 21;10(21):e39637. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e39637.

УДК 664.87

ЗАПРОПОНОВАНА КОНСТРУКЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛИВУ ГРИБІВ З ВІЯЛОВОЮ ДОЩУВАЛЬНОЮ НАСАДКОЮ

Білецький В.Р., Булич Р.П.
Поліський національний університет

Для вирішення актуального завдання розробки пристрою для поливу печериць була запропонована конструкція, технічним результатом якої є механізація процесу поливу. Це дозволить економити воду, скоротити використання робочої сили, а також підвищити врожайність. Внесення поливної норми на кожному етапі дозрівання грибів дасть можливість підтримувати вміст вологи в субстраті на оптимальному рівні.

Установка поливу (рис. 1 і 2) являє собою зварену конструкцію стелажного типу 1 (рис. 2), з одного бічного боку якої встановлені металеві рейкові напрямні 2 для горизонтального переміщення бічної каретки 3 за допомогою роликових опор 4.

а *б*

Рис. 1. Установка для поливу з віяловою дощувальною насадкою: а – загальний вигляд; б – в роботі

В рух каретку 3 приводить кроковий двигун 5 шляхом намотування і змотування каната 6, вільні кінці якого жорстко закріплені на двох протилежних кінцях зварної конструкції.

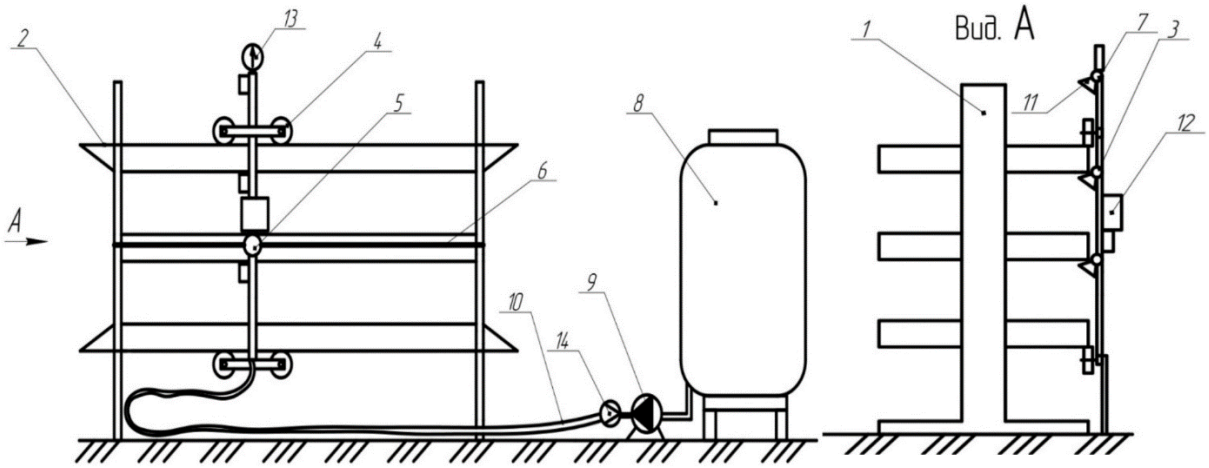


Рис. 2. Схема установки для поливу: 1 – зварна конструкція стелажного типу; 2 – металеві рейкові напрямні; 3 – бічна каретка; 4 – роликові опори; 5 – кроковий двигун; 6 – канат; 7 – гідравлічні клапани з електромагнітним клапаном; 8 – резервуар; 9 – гідравлічний насос; 10 – гнучкий трубопровід; 11 – дощувальна насадка; 12 – блок управління; 13, 14 – відповідно датчики тиску і витрати води

Гідравлічний клапан з електромагнітним приводом 7 регулює подачу норми поливи до дощувальної насадки 11, що здійснюється гідравлічним насосом 9 по гнучкому трубопроводу 10 з резервуара 8.

Управління виконавчими механізмами реалізується через блок управління 12, в який закладено алгоритм дій. Програма приймає рішення, виходячи з показань датчиків тиску 13 і витрати води 14.

На рис. 3 показано механізм приводу руху установки для поливу.

Рис. 3. Механізм приводу руху установки для поливу

Пристрій працює наступним чином. На стелажі 1 (рис. 2) закладають субстрат з міцелієм, далі оператор проводить перевірку обладнання і програмує алгоритм роботи пристрою за допомогою ЕОМ. Готову програму роботи завантажують в блок управління 12, який, керуючи виконавчими механізмами, здійснює процес внесення поливної норми. Вмикається гідравлічний насос 9, і вода перекачується по гнучкому трубопроводу 10 з резервуара 8 до гідравлічних клапанів 7, розміщених на каретці 3. Отримавши дані від датчика тиску 13 про досягнення робочих показників, блок управління 12 передає команди на включення електромагнітного приводу гідравлічного клапана 7, після чого вода надходить в дощувальну насадку 11, за допомогою якої шляхом дощування здійснюється внесення поливної норми на поверхню субстрату. Згідно з алгоритмом роботи, блок управління 12 задає швидкість переміщення каретки 3 відносно горизонтальної площини вздовж стелажів за допомогою крокового двигуна 5. Останній, намотуючи або змотуючи канат 6, приводить каретку в рух. Після закінчення робочого циклу блок управління 12 подає команду на вимкнення електромагнітних клапанів 7 і повернення каретки 3 на стартову позицію.

Запропонований пристрій може бути реалізований з використанням відомих компонентів, забезпечуючи високу якість поливу.

Розроблена установка дозволяє скоротити до мінімуму необхідність використання людських трудових ресурсів, а також підвищити якість моніторингу і підтримувати оптимальні кліматичні параметри середовища в камері вирощування. Зафіксовані підсумкові звіти у вигляді графіків за контрольованими кліматичними параметрами, отриманими в ході вирощування грибів, дозволять обґрунтувати оптимальні режими, необхідні для підвищення врожайності печериць.

УДК 631

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ЗБИРАННЯ ГРЕЧКИ

Барабаш Г.І., Батюк Л.М.
Сумський національний аграрний університет

Гречка - важлива круп'яна культура, що має попит як харчова сировина, кормова, а також медоносні властивості. Успішне збирання врожаю залежить не лише від агротехнічних умов, але й від правильно підібраної техніки, своєчасності виконання робіт і дотримання технологічних норм. Технічне забезпечення означає забезпеченість машинно-технічними засобами, які дозволяють виконати операцію збирання з мінімальними втратами, з дотриманням якості зерна, з урахуванням вологості і фізіологічного стану рослин. Збирання гречки – відповідальний етап, що значною мірою визначає якість і кількість урожаю. Оскільки ця культура достигає нерівномірно, важливо правильно вибрати час для збирання, щоб мінімізувати втрати зерна та забезпечити його високу якість.

Основні методи збирання гречки:

1. Роздільне збирання (двофазний метод) - спочатку скошують рослини і укладають їх у валки, допустимий час підсушки, потім підбір валка й обмолот [1].Цей метод є більш поширеним і ефективним, оскільки дає змогу зібрати зерно з високими посівними якостями. Збирання починають на 8–10 днів раніше, ніж при прямому комбайнуванні. Скошену гречку залишають у валках на 3–5 днів, поки вологість зерна не знизиться до 15–17%, а стебел і листків – до 30–36%. Після цього проводять обмолот.
2. Пряме комбайнування - коли зерно і стебла збираються без попереднього скошування в валки. Це можливо для детермінантних чи вирівняних посівів, за умов, що вологості і ступінь достигання більш-менш однакові [1]. Цей метод застосовується для скоростиглих сортів, які

достигають більш рівномірно. Проте зерно після такого збирання зазвичай має підвищену вологість, тому його обов'язково просушують і очищують до встановлених стандартів.

Кожен із методів має свої переваги і недоліки, і вимоги до техніки відрізняються.

Ключові параметри, що впливають на ефективність [2]

- Стадія достигання зерна і часткова достигання (побуріння) - оптимально, коли 65-75 % зерен на рослинах побуріли. Це дозволяє зібрати зерно із високим виходом і якістю.
- Вологість зерна та зеленої маси (стебла, листя): під час збирання зерно має бути зволоженим, але після підсихання в валках вологість зерна повинна знижуватись до рівня, придатного до зберігання (приблизно 13-16 %) і зеленої маси - 30-35 %.
- Час доби і погодні умови: найкращі умови - ранок або вечір, коли роса і відносна вологість допомагають зменшити втрати при осипанні. Жари або суха спека можуть призвести до пересихання рослин, крихкості стебел, підвищення втрат.

Машини та обладнання [1]

Для виконання операцій збирання гречки застосовується техніка та обладнання, які мають певні параметри, показані на рис. 1 та в табл. 1:

Втрати при збиранні	
Метод	Втрати
Роздільне збирання	4–6 % зерна
Пряме комбайнування	до 10 % зерна

Рис. 1. Технологічні операції збирання гречки та втрати врожаю

На рис.1 в таблиці втрат показано втрати врожаю (зерна) під час операції збирання - тобто відсоток від загальної маси зібраного/очікуваного зерна, який не потрапляє в облік через різні причини.

Таблиця 1

Виконання операцій машинами та обладнанням

Операція	Необхідна техніка / пристосування	Особливості техніки
Скошування	Жниварки або жатки, навісні чи причіпні валкові жатки	Висота зрізу ≈ 12-15 см (для роздільного способу), жатка має бути добре відрегульована, щоб різальний апарат працював без заторів; мотовило має захоплювати стебла, але не пошкоджувати зерно.
Формування валків	Валкові жатки або пристосування для валкування	Валки мають бути сформовані так, щоб була можливість підібрати їх без великих втрат осипання; після скошування рослин у валках слід дати час на підсушування.
Підбір валків	Платформи-підбирачі валків або спеціальні приєднання до комбайнів	Техніка має підіймати валки з мінімальним ушкодженням; підходить для двофазного способу.
Обмолот	Зернозбиральні комбайни зі змінними платформами та молоточковим (або роторним) пристроєм	Треба налаштувати комбайн на обережний режим: зменшення оборотів молотильного апарату, регулювання подачі матеріалу, щоб уникнути пошкодження зерен.

Що конкретно входить у ці втрати:

- осипання на полі під час скошування і підбираня валків;
- залишки в стеблі/валку, які не були підібрані чи обмолотені;
- втрати при молотьбі (викльовування, пропуск через молотильний апарат);
- механічні пошкодження і падіння якості (частина зерна непридатна до реалізації);
- транспортні/завантажувальні втрати під час перевезення з поля.

Проектний склад комплексу машин може знадобитися для обслуговування певної площі. Наприклад, для комплексу на 1000 га гречки у варіантах технологій використовуються: трактори різної потужності (наприклад ХТЗ-17022), зернозбиральні комбайни, платформи підбирачі валків, причепи, навантажувачі, борони, культиватори, плуги тощо [3].

Це ілюструє, що технічне забезпечення має бути комплексним - не лише комбайн, але і засоби обробітку, підготовки, транспортування.

Труднощі і шляхи їх подолання:

- Нерівномірне достигання зерна - через це складно вибрати єдиний оптимальний час збирання; це часто змушує застосовувати роздільний спосіб.
- Високі втрати через осипання - під час скошування або підбір валка, особливо коли стебла сухі або вітер; правильне регулювання висоти скошування і час формування валка може знизити ці втрати.
- Потреба в підсушуванні - якщо зерно занадто вологе, його доводиться сушити або чекати підсушування у валках; це пов'язано з ризикованістю через дощ чи рясні опади.
- Правильне налаштування техніки - невірно відрегульовані режими молотильного апарату, недостатнє налаштування жатки або підбирача можуть збільшити втрати та знизити якість зерна.

Висновки:

- Оптимальним є комплексне технічне забезпечення, яке враховує метод збирання, сорт гречки і рівень достигання.
- Роздільний спосіб (скошування + валки + обмолот) зазвичай дає кращу якість і менші втрати, але вимагає додаткового часу та обладнання.
- Пряме комбайнування — більш простий в організації, менш затратний за операціями, але вимагає високої вирівняності посіву та контролю вологості.
- Інвестиції в якісну жатку, платформи-підбирачі, комбайни з гнучким налаштуванням, а також транспортні засоби і обладнання для первинної обробки і підсушування — ключові для ефективного збирання.

Список використаних джерел

1. Технологія вирощування гречки в Україні - строки, вологості, відмінності методів. https://glendeal.com/ua/blog/tehnologiya-vyroshhuvannya-grechky-v-ukrayini/?utm_source=chatgpt.com
2. Garry Organic. Органічна гречка. Технологія вирощування». https://organni.com/organic-buckwheat/?utm_source=chatgpt.com
3. Технологія вирощування гречки в Україні на 2025 - агрокартка, строки збирання, рекомендації. https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyiraschivaniya-grechihi-grechki-v-ukraine?utm_source=chatgpt.com

УДК 631.362:665.335.5

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ РИЦИНИ

Журавель Д. П.[1], Дідур В. В.[2]
[1]Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного
[2]Уманський національний університет

Постановка проблеми. Унікальні кліматичні умови України дають можливість культивувати рицину й переробляти її на касторове масло [1]. Це не тільки дозволяє заощаджувати валюту, але й бути її джерелом. Крім цього рицина є гарним попередником для злакових, кукурудзи й ін. сільськогосподарських культур. Рентабельність виробництва й переробки рицини перевищує рентабельність виробництва й переробки соняшника. Так наприклад при закупівельній ціні рицини 1400 грн./т загальна рентабельність для сучасних сортів таких як "Хортицкая 3", "Хортичанка", "Кубанська 15" становить близько 300%. При всій економічній привабливості рицини в цей час її виробництво в Україні практично припинилося. У стадії анабіозу перебуває селекційна робота. Основними причинами падіння виробництва рицини в Україні є відсутність механізації її виробництва й переробки [2].

Аналіз останніх досліджень. Значний внесок в обґрунтування технології і розробку технічних засобів збирання зернових культур методом обчісування на кореню внесли вчені лабораторії збиральних машин МІМСГ (нині ТДАТУ), д.т.н., проф. Шабанов П.А., к.т.н., доц. Данченко М.М., к.т.н., доц. Аблогін М.М., к.т.н. Голубєв І.К., к.т.н., доц. Гончаров Б.І., к.т.н., доц. Шокарев О.М., к.т.н., доц. Шкіндер В.М., к.т.н., доц. Цибульніков В.М., к.т.н., доц. Повіляй В.М. [3].

*Мета досліджень***.** Обґрунтування технологічної схеми збирання рицини методом обчісування на кореню.

Результати досліджень. Для вирішення питання поновлення техніки для збирання рицини вченими і інженерами ТДАТУ був розроблений дослідний зразок очісуючого модулю, що працює на основі методу очосу рослин рицини на корені (патент №200808162 від 17.06.08) [4]. Також була прийнята структурна схема технологічного процесу збирання насіння рицини методом очосу на корені (рис. 1). МТА виконує першу операцію в загальному технологічному ланцюзі збирального процесу. Його призначення – обчісування рослин на кореню, збір очісаного вороху здійснюється в причіп. Зібраний в причіп очосаний ворох, доставляється на тік для його доопрацювання. На току проводять досушування очісаного вороху, з подальшою його сепарацією, витиранням коробочок і сепарацією

зерна на стаціонарних установках.

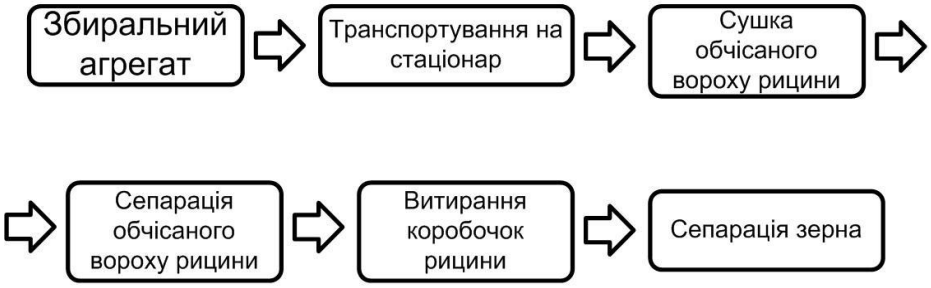


Рис. 1. Структурна схема технологічного процесу очісування рицини.

На рис. 2 наведено технологічну схему навісної збиральної машини.

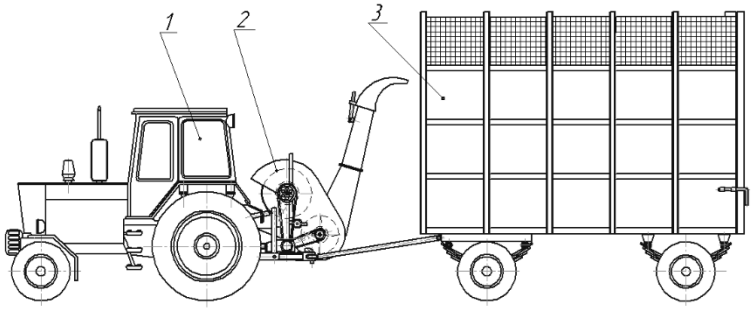


Рис. 2. Технологічна схема навісної збиральної машини: 1 – МТА, 2 – очісуючий модуль, 3 – причіп для збору очісаного вороху.

Основним робочим органом збиральної машини є однобарабанний очісуючий пристрій (рис. 3), який складається із очісуючого барабану 1, кожуха 2 і прийомної камери 3, механізму приводу 4 та навісного механізму 5.

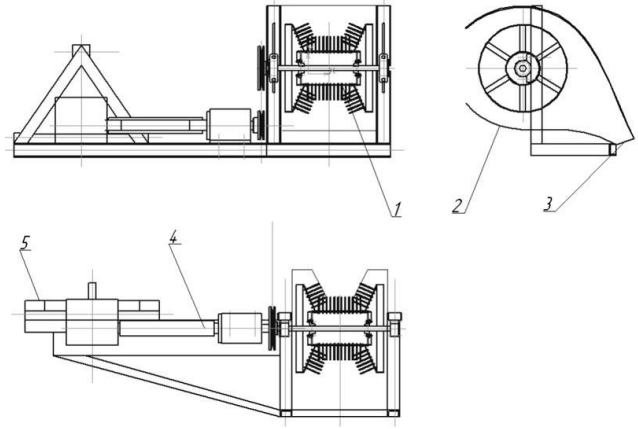


Рис. 3. Однобарабанний очісуючий пристрій: 1 - очісуючий барабан, 2 – кожух, 3 – прийомна камера, 4 - механізм приводу, 5 – навісний механізм.

Транспортування вороху, від очісуючого пристрою в причіп здійснюються за допомогою шнекового транспортера та пневматичної кидалки з направляючим корпусом. Для агрегатування збиральної машини використається трактор, а для збору вороху - причіп 2ПТС-40.

Таким чином, збиральний агрегат складається із трактора, навісної збиральної машини й причепа 2ПТС-40. Технологічний процес збирального агрегату здійснюється наступним чином.

При переміщенні збиральної машини по полю, стебла рослин під дією сили пружності й повітряного потоку подаються в зону очісування. Повітряний потік створюється очісуючим барабаном, який обертаються назустріч руху стеблин рицини обертається із частотою 50 $с^{-1}$.

Очісуючі гребінки розташовані по утворюючим барабану і конічних закінчень виконують подвійну функцію. З однієї сторони вони створюють повітряний потік, а з іншої сторони вони очісують стебла рослин, причому очісує центральну кисть рицини і додаткові бокові. У результаті впливу гребінок на рослини виходить очісаний ворох, що за рахунок кінетичної енергії гребінок, а також спрямованого повітряного потоку переміщається в прийомну камеру. Прийомна камера виконана у вигляді прямокутної лійки, у нижній частині якої розташований шнековий транспортер з пневматичною кидалкою на кінці.

Очісаний ворох під дією сили ваги переміщається по стінках прийомної камери в нижню її частину, де його захоплює шнек транспортера. Шнек горизонтального транспортера переміщує ворох до кидалки, де остання транспортує вже ворох в причіпний візок. Коли візок наповнюється очісаним ворохом його трактором транспортують на стаціонарний пункт, для доробки.

Висновок. В результаті досліджень були розроблені механіко-технологічні засоби збирання рицини методом обчісування рослин на кореню, а також обґрунтовані параметри і режими роботи двохбарабанного обчісуючого пристрою, що дозволяє знизити втрати зерна при збиранні і підвищити продуктивність МТА.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П., Верещага О. Л. Аналіз способів отримання олійних матеріалів із насіння рицини. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 77-81.

2. Журавель Д.П. Обґрунтування технологій отримання рицинової олії. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі», Запоріжжя, 2022. С. 25-28.

3. Дідур В. В., Журавель Д. П., Шокарев О. М., В'юник О. В., Комар А. С. Аналіз технологій отримання олії з олійних культур. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету:

електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 3. 10 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-18.

4. Пат. 679 Україна, МКИ5 АО1D 41/08. Пристрій для збирання рицини / С. В. Головін (Україна). - № u200913555; заявл. 25.12.09; опубл. 25.06.10, Бюл. №12.

УДК 631.354.2.:001.8

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АЕРОЖОЛОБА ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНА

Рудь А.В., Краснолуцький П.П., Грушецький С.М.,
Корчак М.М., Замойський С.М.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Більшість невеликих господарств через відсутність засобів для сушіння і зберігання зерна змушені продавати його зернотрейдерам за низькими цінами у комерційно невигідний період. Зберігання ж зерна на елеваторах обходиться господарствам до 30% вартості закладеної на елеватор партії. Тому селяни втрачають значні кошти, продаючи зерно восени за низькими цінами. Особливо великі ці втрати для тваринництва, оскільки зернофураж продають за цінами у 2…3 рази нижчими, ніж ціни на комбікорм [1]. Тому актуальною є розробка комплекту обладнання для зберігання зерна безпосередньо в сільськогосподарських підприємствах і фермерських господарствах.

Майже всі сушарки використовують як сушильний агент нагріте повітря і застосовуються в даний час, є сушарками конвективного типу. Найбільш поширені промислові зерносушарки шахтного типу, але вони дуже дорогі і потребують спеціальної автоматики, оскільки у багатьох випадках перепалюють зерно, яке у них прогрівається до 70…75^{0}С [2].

Нашу увагу привернула можливість низькотемпературної сушки зерна. Для цього застосовуються бункера активної вентиляції, а можна, на нашу думку, застосувати і аерожолоб, що потребує набагато менших капітальних вкладень і дозволить зберігати зерно у наявних складських приміщеннях. Переваги такого комплекту:

1) можна сушити зерно слабо підігрітим повітрям, що усуває загрозу перепалу зерна;

2) можна періодично провіювати зерно холодним повітрям;

3) можна поєднати транспортування і підсушування зерна;

4) проста будова обумовлює низьку вартість і високу надійність;

5) можна аерожолоб виготовити багатосекційним, що дозволить скоротити його довжину або кількість циклів сушіння зерна для доведення його до кондиції.

Метою даного дослідження є формулювання методики розрахунку основних параметрів аерожолоба з тепловентилятором і попередні експеримнети для підтвердження його функціональності. Користуючись відомими методиками теплотехнічних та аеродинамічних розрахунків [3;4], ми склали розрахункову схему та алгоритм розрахунку (рис. 1) і визначили, що, наприклад, для комплекту на 100 т подача вентилятора має становити 24 тис. м^3/год у режимі сушіння. При кондиціюванні маси, коли ставиться задача знизити вологість зерна з 16% до 14%, подача вентилятора має бути не менше 25 тис. м^3/сек при тепловій потужності нагрівального пристрою Q_K = 60 кВт.

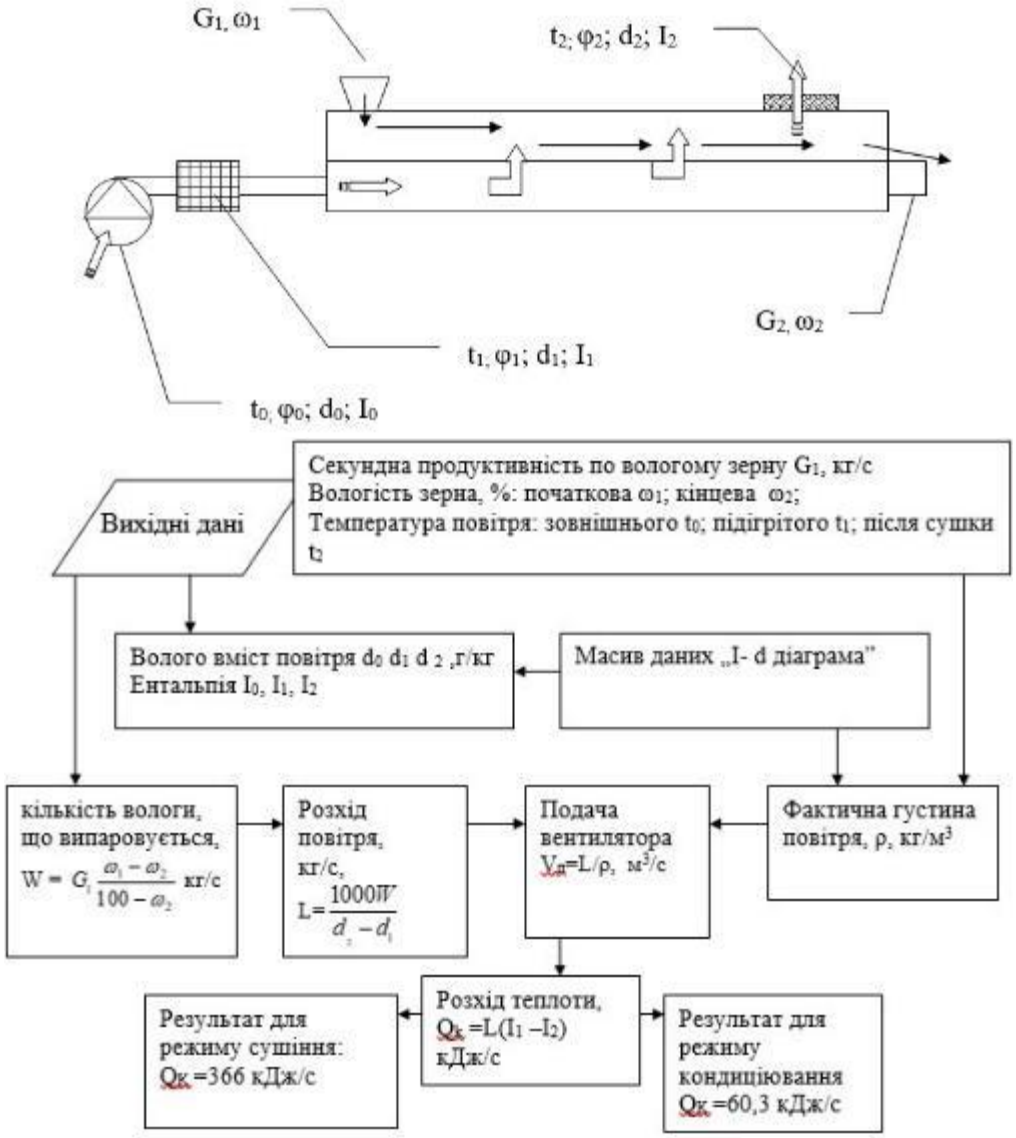


Рис. 1. Схема аерожолоба та алгоритм розрахунку режимів його роботи [авторська розробка]

Наприклад, для забезпечення продуктивності при підсушуванні зерна 5 т/год і транспортуванні з продуктивністю до 10 т/год довжина аерожолоба повинна бути L=3,6, а ширина 1,8 м. Для приведення зернової маси у псевдо скраплений стан аерожолоб слід укомплектувати вентилятором високого тиску ОТИ № 5.

На підставі розрахунків, проведених за наведеним алгоритмом, побудована номограма для оперативного вибору параметрів і режимів роботи аерожолоба.

Для проведення початкових експериментів була виготовлена лабораторна установка і досліджувався процес проходження зерна пшениці і за отриманими результатами побудований графік кривої сушіння (рис.2).

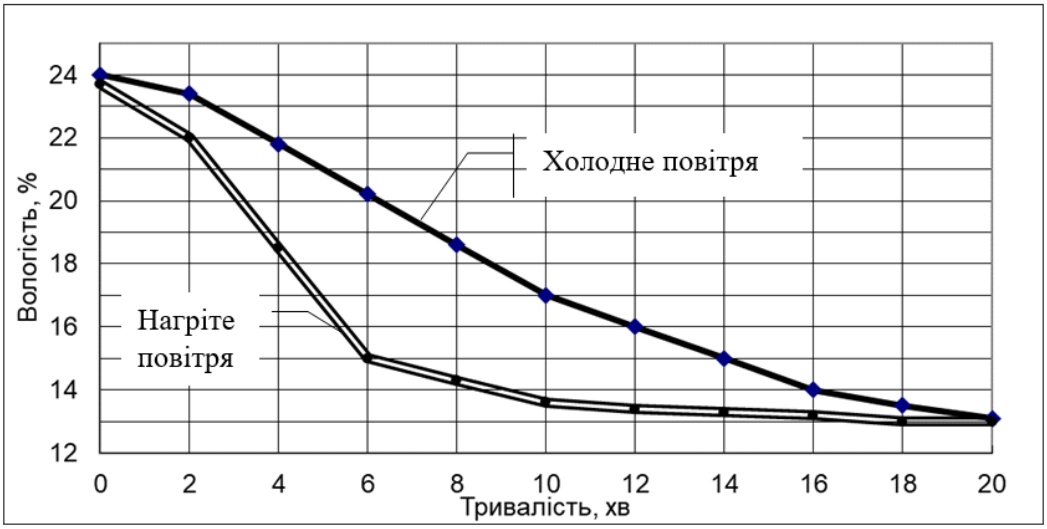


Рис. 2. Зниження вологості зерна при тривалості сушіння.

З наведеного графіку видно, що підігрів повітря прискорює процес сушіння в 1,5...2 рази, але тільки до рівня вологості 15%, а далі швидкість сушіння відрізняється від вентилювання холодним повітрям несуттєво. Отже, сушіння підігрітим повітрям доцільно проводити лише на початкові стадії сушіння, а потім нагрівальні прилади відключати.

Висновки. Аерожолоб з тепловентилятором цілком придатний для сушіння або провіювання невеликих партій зерна. При цьому його розміри і параметри вентилятора та нагрівача не спричинюють труднощів для практичного виготовлення і монтажу. Результати попередніх експериментів підтверджують доцільність подальшого дослідження запропонованої установки.

Список використаних джерел

1. Спірін А., Грицун А., Флеш Р. Сушарка для зерна. *Техніка АПК.* 2015. №2. С. 19-26.

2. Проєктування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проєктів з розробки

сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва. / за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.

3. Активне вентилювання та сушіння зерна / О.І. Гапонюк та ін. Одеса: ВМВ, 2014. 326 с.

УДК 631.331

КОНСТРУКЦІЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ

Куликівський В.Л., Дармограй М.М., Зінченко Р.О.
Поліський національний університет

На основі конструкції прототипу була розроблена необхідна для якісного дозування насіння сої конструкція висівного апарату, що використовує нагнітаючий повітряний потік (рис. 1). Особливості запропонованої конструкції апарату такі: апарат здійснює дозування насіння в два ряди використання герметичного бункера; дозуючим елементом є поглиблення з отвором для проходу повітря з елемента у висівному диску.

Апарат складається зі сталевого зварного корпусу 1 циліндричної форми з круглим отвором і встановленого в ньому патрубка 2 подачі повітря. З іншого боку корпусу розташований прямокутний отвір зі зварною горловиною 10, що служить для кріплення бункера і подачі в апарат насіння. З обох сторін корпусу апарату 1 встановлені забірні пристрої 4. Висівні диски 5 встановлюються на приводний вал 3 і герметизуються прокладками 6, а фіксуються кришками 7. На висівних дисках 5 по периферії виготовлені дозуючі елементи 8. Для запобігання потрапляння зайвого насіння в забірні пристрої встановлений захисний екран 19. У верхній частині апарату зверху і знизу від лінії руху дозуючих елементів розташовані верхній 12 і нижній 13 скидачі зайвого насіння. Об'єм, укладений в корпусі між висівними дисками, утворює нагнітальну камеру 9. Приводний вал 3 в корпусі підшипників 11 передає обертальний рух висівним дискам 5. Для видалення насіння з апарату в нижній частині корпусу є вивантажний люк 15. Монтаж апарату здійснюється шляхом установки на раму за допомогою кронштейна 14, хомутів 17 і планки 18. На основі аналізу конструкцій і функціональних схем пневматичних висівних апаратів, а також теоретичних і практичних аспектів у галузі точного дозування насіння, запропоновано функціональну схему висівного апарату, що використовує нагнітаючий повітряний потік.

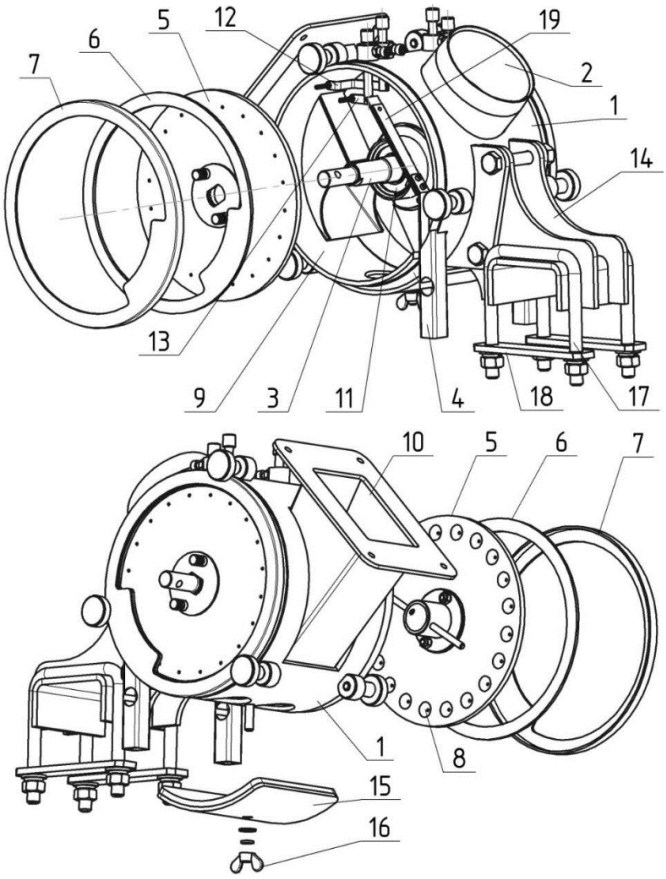


Рис. 1. Схема експериментального висівного апарату: 1 – корпус; 2 – патрубок; 3 – вал; 4 – забірний пристрій; 5 – висівний диск; 6 – прокладка; 7 – кришка; 8 – дозуючий елемент; 9 – нагнітальна камера; 10 – горловина; 11 – корпус підшипника; 12 і 13 – скидачі; 14 – кронштейн; 15 – люк вивантажний; 16 – гайка; 17 – хомут; 18 – планка; 19 – захисний екран

Далі викладемо принцип роботи пропонованого висівного апарату (рис. 2). Через горловину 10 з бункера соя (рис. 1) рухається в нагнітальну камеру 9 корпусу 1. Це місце заповнення дозуючих елементів 8 висівних дисків 5. У той же час, в нагнітальну камеру 9 корпусу 1 апарату по патрубку 2 подається стиснене повітря від вентилятора. При цьому починає обертатися висівний диск 5 (рис. 1), і соя під тиском повітря і насіння заповнює дозуючі елементи 8. Насіння в дозуючих елементах рухається (рис. 2) назустріч потоку Б насіння з бункера (не показано). У цей час вони впливають на насіння, що розташоване поруч. Це надає їм швидкість, яка близька до швидкості руху дозуючих елементів і впорядковує їх для гарантованого захоплення наступними елементами.

Заповнені дозуючі елементи 8 (рис. 1) доставляють насіння до забірного пристрою 4 (рис. 1). У цей час щітки верхнього 12 і нижнього скидачів 13 (рис. 1) прибирають зайве насіння (щітки 2 і 3 на рис. 2).

Насіння з елементів виходить біля входу в пристрій 4. Цей процес показаний на рис. 3. Для цього ущільнювальна прокладка 6 повинна

закривати кожен раз отвір для виходу повітря 3 з елемента висівного диска. Це допомагає усунути витік повітряної маси і припиняє дію аеродинамічної сили. Після цього за допомогою потоку повітря 4 насіння потрапляє в трубку 5 забірного пристрою. Щоб зайва кількість насіння не потрапила в пристрій 5, встановлений захисний екран 1 (показано на рис. 2).

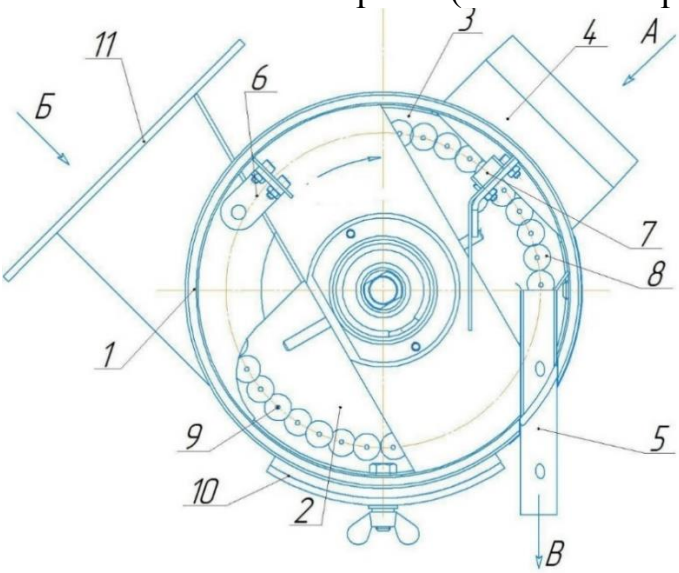


Рис. 2. Функціональна схема апарату: А – напрямок руху повітря; Б – напрямок руху насіння; В – напрямок руху насіння від забірного пристрою до сошника; 1 – корпус; 2 – зона заповнення дозуючих елементів; 3 – висівний диск; 4 – патрубок подачі повітря; 5 – трубка забірного пристрою; 6 – очисник; 7 – екран; 8 – дозуючий елемент; 9 – отвір для виходу повітря з дозуючого елемента; 10 – кришка скидного люка; 11 – горловина подачі насіння

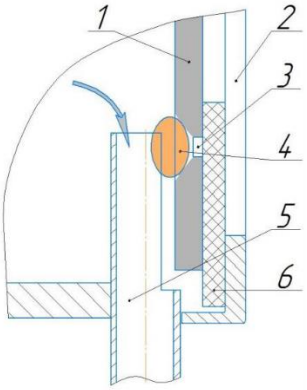


Рис. 3. Схема забірного пристрою. 1 – висівний диск; 2 – корпус; 3 – отвір дозуючого елемента; 4 – насіння; 5 – трубка забірного пристрою; 6 – прокладка

Даний пристрій розвантажує насіння з елементів диска при швидкій роботі. Такий апарат дає можливість забезпечити високу норму посіву і продуктивність при підвищеній швидкості роботи. Найважливішим етапом роботи апарату є фіксація одного насіння в дозуючому елементі. Для

успішного виконання даного завдання треба виявити діапазон необхідних тисків повітря в корпусі апарату, а також встановити від яких параметрів і режимів роботи цей діапазон залежить.

УДК 635.8

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СУБСТРАТНИХ БЛОКІВ

Ільченко А.В., Єсипенко П.Б.
Поліський національний університет
Шевчук О.А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Технічні засоби для виготовлення субстратних блоків відіграють ключову роль у промисловому культивуванні грибів, враховуючи високі вимоги до їх точності та ефективності. У сучасних умовах практично не виробляються серійні машини для цієї мети, тому часто застосовуються власні розробки, орієнтовані на оптимізацію процесу.

Найбільш поширені дві основні технологічні схеми виготовлення субстратних блоків. Перша включає в себе стиснення субстрату в спеціальному корпусі за допомогою гідроциліндрів з поршнем (рис. 1). Субстрат дозується, в нього вноситься необхідна кількість посівного матеріалу, після чого відбувається завантаження в камеру стиснення. Субстрат стискається і укладається в поліетиленовий пакет через фільєру, а відкритий кінець пакета заклеюється скотчем.

Рис. 1. Схема існуючої технології створення субстратного блоку за допомогою гідравлічного формувача блоків.

Друга технологічна схема заснована на використанні шнекового наповнювача періодичної дії (рис. 2). Субстрат з міцелієм перед наповненням приймального бункера дозується за допомогою транспортера

або вручну. Потім субстратний блок укладається в поліетиленовий пакет і закривається скобою в області роботи кліпсатора.

Рис. 2. Схема існуючої технології створення субстратного блоку за допомогою гвинтового (шнекового) формувача блоків.

Обидві схеми мають певні недоліки. Перша характеризується складною конструкцією з двох гідроциліндрів, неможливістю точного регулювання щільності і розміру блоку, а також низькою продуктивністю і надійністю. Друга схема вимагає значних трудових витрат через використання шнекового наповнювача, що призводить до створення блоків з нерівномірною щільністю.

В обох випадках ключовими моментами є точність і ефективність процесу виготовлення субстратних блоків, що критично важливо для забезпечення високого рівня врожайності на грибних ферма.

Для механізації процесу формування субстратного блоку застосовується ряд технічних засобів і машин. Як уже зазначалося, поширеним є застосування гідравлічних і шнекових формувачів субстратних блоків.

Формувач субстратних блоків ПМСБ-1Е (рис. 3) призначений для наповнення поліетиленового рукава субстратом. При цьому субстрат попередньо підготовлений і інокульований міцелієм, вологість субстрату 60–73 %.

У комплект входять щит управління, електродвигун, вбудовані ваги, масляна станція.

Переваги даного гідравлічного преса субстратних блоків: підходить для промислового вирощування; основні елементи пристрою виконані з нержавіючої сталі; висока продуктивність – до 120 блоків за 1 год (1800 кг/год).

До його недоліків можна віднести наступне: великі габаритні розміри: довжина – 2400 мм, висота – 2730 мм, ширина – 2200 мм; складність конструкції; висока вартість; матеріаломісткість.

Пристрій не дозволяє досягти рівномірної щільності по перетину блоку, оскільки стиснення субстрату відбувається недостатньо рівномірно для технології вирощування грибів, утворюючи різну щільність біля поверхні і в центрі субстратного блоку.

Рис. 3. Гідравлічний прес субстратних блоків ПМСБ-1Е

Також відомий гідравлічний брикетувальник соломи УЖИМ 576 (рис. 4), який служить для автоматичного формування солом'яних тюків.

Рис. 4. Гідравлічний брикетувальник соломи УЖИМ 576

Теоретично даний пристрій може застосовуватися для промислового вирощування грибів, але оскільки пристрій розроблений для створення тюків із сухої соломи, він не зможе витримати навантаження при формуванні субстратного блоку.

Також не дозволяє забезпечити технологічні вимоги до щільності та рівномірності щільності по перетину блоку. Може використовувати тільки солому, як матеріал субстратного блоку. Стаціонарний автоматизований пристрій циклічної дії горизонтального типу (рис. 5) призначений для

експлуатації на середніх або великих підприємствах, що спеціалізуються на прискореному штучному вирощуванні грибів. Безпосередня функція машини полягає в дозованому заповненні пакета субстратом з міцелієм.

Рис. 5. Шнековий формувальник IE-JM-J-D

Характеристики субстратного блоку: маса субстратного блоку – 2,5–4,0 кг; розмір фракції сировини – не більше 30 мм; щільність субстрату в блоці – 400 г/дм^3; об'єм блоку – до 15 л.

Переваги пристрою: наповнення та пакування пакетів субстрату; застосовується для промислового виробництва; висока продуктивність – до 600 блоків за 1 год (1920 кг/год).

Недоліки конструкції: складне обладнання; потрібне регулярне налагодження обладнання; неоднорідність субстратного блоку.

Для наповнення пакетів субстратом можуть застосовуватися шнекові наповнювачі субстратних блоків.

Дана установка не забезпечує формування блоків з рівномірною щільністю по перетину, що негативно позначається на врожайності. Вона розрахована виключно на використання матеріалів, таких як солома і лузга.

Напівавтоматичний пристрій для пакування субстратних пакетів SY-JZD1 (рис. 6) призначений для фасування зволоженої та подрібненої сировини в поліетиленові пакети з метою подальшої обробки в автоклаві. Після обробки пакети інокулюють рідким міцелієм.

Переваги пристрою: проста конструкція; основні елементи пристрою виконані з нержавіючої сталі; висока продуктивність – до 600 блоків за 1 год (2100 кг/год); невеликі габаритні розміри: довжина – 1260 мм, висота – 950 мм, ширина – 550 мм; низька вартість.

Характеристики субстратного блоку: маса субстратного блоку – 3–5 кг; розмір фракції сировини – не більше 30 мм; щільність субстрату в блоці – 400–450 г/дм^3; об'єм блоку – 12 л.

Недоліки конструкції: для досягнення заявленої продуктивності потрібно мінімум 3 людини; неоднорідність субстратного блоку; енергоємна технологія.

Рис. 6. Шнековий пакувальник субстратних блоків (Китай, JZSY)

Дана установка не дозволяє формувати блоки з рівномірною щільністю по перетину, що знижує врожайність. Призначена для використання тільки соломи і лузги.

Також можливе застосування автоматичної машини пакування грибних блоків (рис. 7), що дозволяє підвищити ефективність виробництва і скоротити витрати на ручну працю. Весь процес пакування грибного субстрату в пакети може бути завершений машиною автоматично, включаючи завантаження субстрату, виготовлення культиваційних пакетів, пресування субстрату, запечатування культиваційних пакетів і транспортування культиваційних пакетів, продуктивність може досягати 800 пакетів за 1 год.

Рис. 7. Шнековий пакувальник субстратних блоків (Китай, JZSY)

Запуск всього виробничого процесу здійснюється натисканням однієї кнопки. Весь виробничий процес, включаючи виготовлення пакетів, пакування, зав'язування, пробивання перфорацій, запаювання пакетів і транспортування пакетів, може бути виконаний в один цикл, і для виробництва одного пакета потрібно всього 3 с. Характеристики субстратного блоку: маса субстратного блоку – 2,5–3,0 кг; розмір фракції

сировини – не більше 30 мм; щільність субстрату в блоці – 400–450 г/дм^3; об'єм блоку – 7,5 л.

Переваги пристрою: повний цикл; застосовується для промислового виробництва; висока продуктивність – до 800 блоків за 1 год (2000 кг/год).

Недоліки конструкції: складне обладнання; потрібне регулярне налагодження обладнання; неоднорідність субстратного блоку; великі розміри обладнання.

Дана машина має значні габарити, тому її складно використовувати в обмеженому просторі. Невеликі розміри субстратного блоку збільшують час на технологічні операції. Неоднорідна щільність негативно впливає на врожайність субстратного блоку.

Проведений аналіз існуючих конструкцій машин, що застосовуються для механізації процесу формування субстратних блоків, показав недостатню ефективність і ряд недоліків при виготовленні субстратних блоків. Їх застосування в умовах промислового виробництва вимагає підвищених трудовитрат, а також відсутня здатність регулювати щільність субстратних блоків. Також аналіз дозволяє зробити висновок, що існуючі конструкції, що застосовуються для формування субстратних блоків, не забезпечують досягнення технологічних вимог щільності субстратних блоків і рівномірного розподілу щільності субстрату по всьому об'єму блоку.

Багато конструкцій не забезпечують необхідних характеристик при формуванні субстратних блоків.

УДК 633.314.5

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АПАРАТА КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Заєць М.Л., Голеніцький О.В.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Аналізуючи технологічний процес подрібнення стеблових кормів кормозбиральними машинами, нами встановлено одну з найваливіших основних проблем, це якість подрібнення зернового матеріалу, що викликало необхідність провести дослідження та встановити шляхи вирішення даної задачі.

Аналіз останніх досліджень. Під час дослідження подрібнювальних апаратів кормозбиральних комбайнів отримували результати, що доводять збільшення ступеня подрібнення від бажаного [1,2,3]. Досліджуючи конструкційно-технлогічні параметри вальцевого подрібнювального апарату, необхідно зауважити, подрібнення відбувається у горизонтальні

площині в поздовжньо-горизонтальному напрямку руху подрібнених стебел. Тому ймовірний ступінь подрібнення належатиме від довжини різання барабана та робочого зазору між дисками вальців і положенням матеріалу в потоці маси. Ймовірнісна-хаотична подача потоку подрібненого матеріалу від різального барабану, можна пояснити неоднорідністю об'ємної маси рослин, різними кінематичними режимами різання, вологістю стебло-листової маси, культурою, що збирається тощо. Звідки слідує, що під час подрібнення матеріалу, який рухаться в паралельному напрямку до площини подрібнення (обертання вальців апарату), в результаті чого отримаємо подрібнений матеріал різного розміру (рис. 1.).

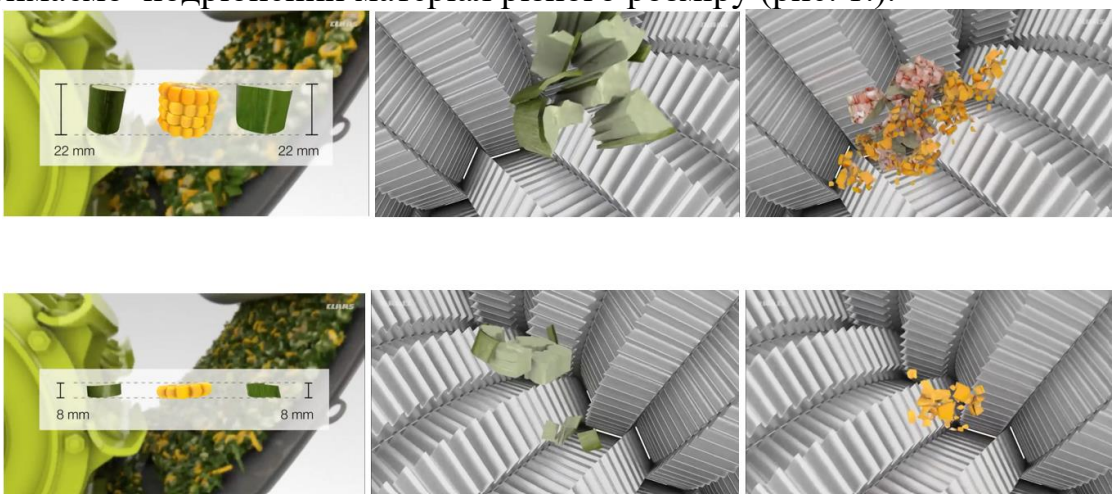


Рис. 1. Загальний вигляд подрібненої частинки при різні довжині різання

Мета досліджень. Дослідження, проектування, обґрунтування та розрахунок конструкційно технологічних параметрів плющильно-подрібнювального апарату системи різання кормозбиральних комбайнів.

Виклад результатів дослідження. Проаналізуємо розрахунково-технологічну схему подрібнення частинок маси вальцевим подрібнювальним апаратом (рис. 2.). Зауважимо, що частинки матеріалу рухаються до вальців хаотично.

Процес подрібнення частинок стебел маси в площинах, I - I, II - II, III - III, IV-IV, V -V , VI -VI, VII – VII, VIII- VIII спрямованих під кутом входження α_o; α_1; α_2; α_3; α_4; α_5; α_6, довжина подрібнення частинок маси змінюється від теоретичної $l_ф=t_p$, (t_p - крок дисків на вальцях) до робочої довжини L_p при поздовжній подачі на диски вальців. Це доводить те, що дійсна, фактична довжина подрібнення фракції частинок після подрібнення, у достаньому значенні коливається від теоретично встановленої, тому ступінь подрібнення стає досить керованим параметром. при розташуванні стебла із кутом $\alpha=180^o$ фактична довжина частинок не перевищуватиме теоретичну, оскільки $l_ф = l_p$.

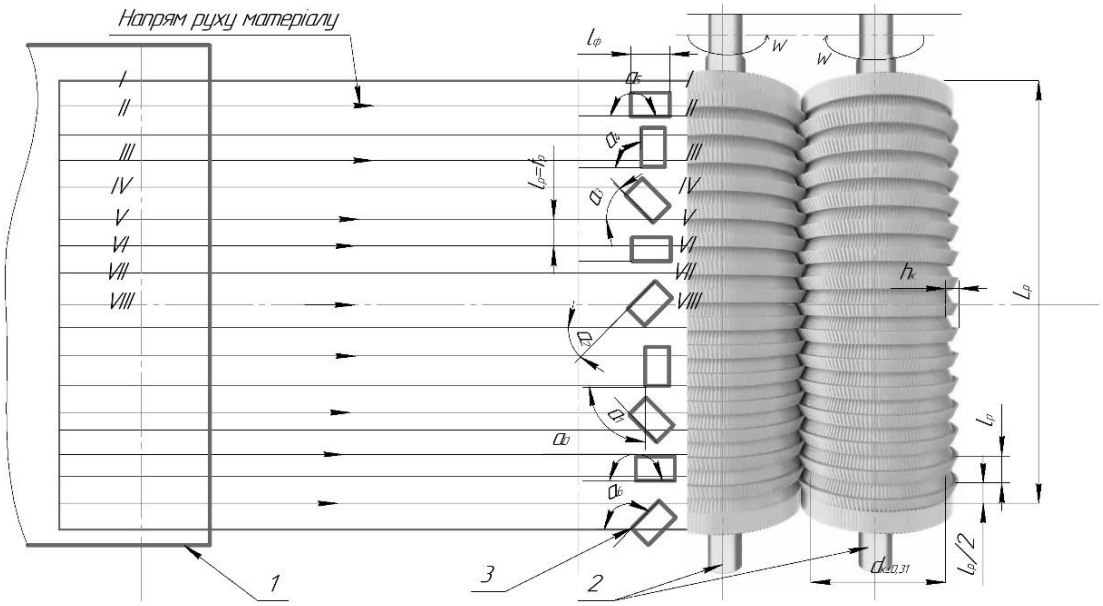


Рис. 2. Розрахунково-технологічна схема подрібнення частинок маси вальцевим подрібнювальним апаратом: 1 – різальний барабан; 2 подрібнювальний вальцевий апарат; 3 – частинка матеріалу.

Довжину подрібненяя стеблової маси для вальцевого подрібнювача можна порахувати за формулою [2, с. 55.]:

$$L_n = \frac{60000 V_n}{n_{вал} \cdot z \cdot \sin\left(\left(1-\delta_{час}\right)0.5\pi\right)}, \qquad (1)$$

де $V_п$ – швидкість подачі маси барабаном, м/с;
$n_{вал}$ – частота обертання вальців, $хв^{-1}$;
z – кількість дисків на вальцях;
$\delta_{час}$ – коефіцієнт, що враховує кут подачі та положення частинки до площини захвату вальців.

Провівши аналіз моделі (1) потрібно відмітити, що збільшення довжини подрібнення маси частин спостерігаєть по лінійному закону, тому можна ввести розрахунковий коефіцієнт для встановлення розрахункової довжини частинки після подрібнення:

$$L_n = k_{зр} \cdot l_p . \qquad (2)$$

де $k_{зр}$ – коефіцієнт зростання для встановлення розрахункової довжини частинки після подрібнення;
$l_р$ – теоретична довжина частинки після подрібнення вальцевим апаратом.

Звідки

$$L_n = \frac{60000\, V_n}{n_{вал} \cdot z}; \qquad k = \frac{1}{\sin\left(\left(1-\delta\right)\cdot 0.5\pi\right)} \qquad (3)$$

На основі отриманиxx залежності (1), (3) побудовано графік зміни ступеня подрібнення маси взалежності від кроку встановлення конусних дисків на вальцях подрібнювального апарату (рис. 3.). Встановлено, рациональні параметри при, яких отримали оптимальний ступінь подрібнення стеблової маси. При кроці встановлення t_p = 30...45 мм отримуємо найкрау якість подрібнення з довжиною частинки від 4...5 мм, що цілком забезпечує зоотехнічним вимогам до соковитих кормів типу силос.

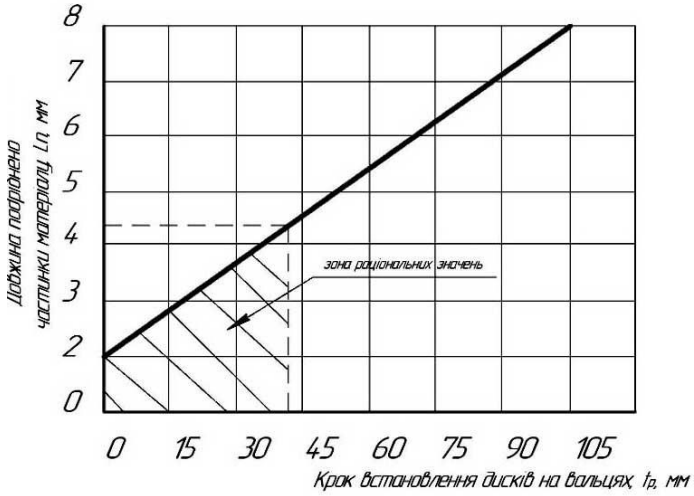


Рис. 3. Графічна залежність зміни ступеня подрібнення маси взалежності від кроку встановлення конусних дисків на вальцях подрібнювального апарату

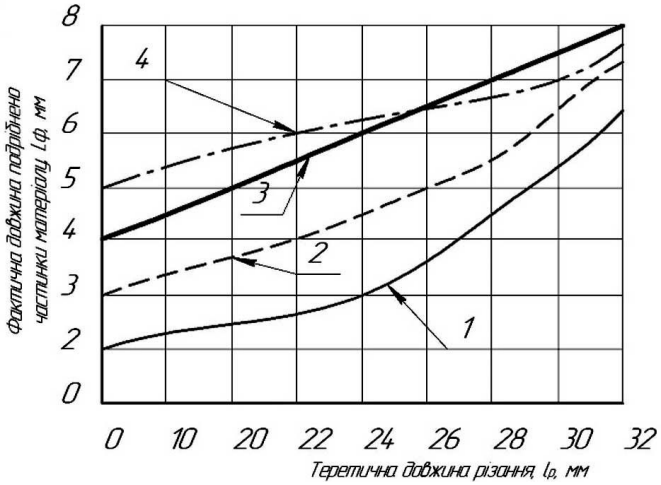


Рис. 4. Графічні залежності залежності впливу фактичної довжини подрібнення маси lф від теоретично довжини різання lр при різних кутах входження частинки: 1- $\alpha_в$ = 15°; 2 - $\alpha_в$ = 20°; 3 - $\alpha_в$ = 25°; 4 - $\alpha_в$ = 30°

Висновки. Подрібнення маси відбувається у горизонтальні площині в поздовжньо-горизонтальному напрямку руху подрібнених стебел. Тому ймовірний ступінь подрібнення належатиме від довжини різання барабана та робочого зазору між дисками вальців і положенням матеріалу в потоці маси.

Встановлено, раціональні параметри при, яких отримали оптимальний ступінь подрібнення стеблової маси. При кроці встановлення t_p = 30...45 мм отримуємо найкрау якість подрібнення з довжиною частинки від 4...5 мм, що цілком забезпечує зоотехнічним вимогам до соковитих кормів типу силос. Можна стверджувати, що величина кута входження частинки, довжина різання маси стебел барабаном та крок встановлення дисків на вальцевому подрібнювачі прямопропорційно впливають на фактичну довжину подрібненого матеріалу кормів.

Список використаних джерел

1. Комбайни John Deere серія 8000 електронний ресурс :https://agroprof.com/uploads/2017/06/8100-8200-8400-8500.pdf.

2. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. К.: Урожай, 2002. 364 с.

3. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том. 2 (ч. 1).Машини для заготівлі кормів. / П.М. Заїка. Х.: Око, 2003. 360 с.

УДК 631.363.3:632.362.2

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБПРИСКУВАЧА З РЕГУЛЯТОРОМ НОРМИ ВНЕСЕННЯ

Білецький В.Р., Дворський Д.П.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Однак, однією з основних проблем збільшення швидкості руху є зниження норми внесення, спричинене зменшенням загальної кількості крапель, що досягають цільової поверхні. Крім того, зміни швидкості руху впливають на роботу форсунок та розподіл розмірів крапель, а збільшення швидкості може призвести до утворення більшої кількості дрібних крапель, що підвищує ризик дрейфу пестицидів.

Аналіз останніх досліджень. Сучасні тенденції включають використання обприскувачів із ширшими штангами (робоча ширина захвату ≥ 27,4 м) та застосування при швидкостях, що перевищують номінальні (≥ 19,3 км/год), з метою охоплення більшої площі за мінімальний час. [1,2]

Мета досліджень. Метою дослідження було оцінити ступінь розпилення та якість обприскування при різних швидкостях руху для сільськогосподарського обприскувача, обладнаного регулятором норми внесення та без нього.

Виклад результатів дослідження. Для внесення гербіцидів упродовж обох років використовували штанговий обприскувач John Deer M700, в агрегаті з трактором John Deer 6125 (Рис. 1а). Обприскувач мав довжину

штанги 18,3 м із форсунками, розташованими рівномірно на відстані 0,46 м одна від одної.

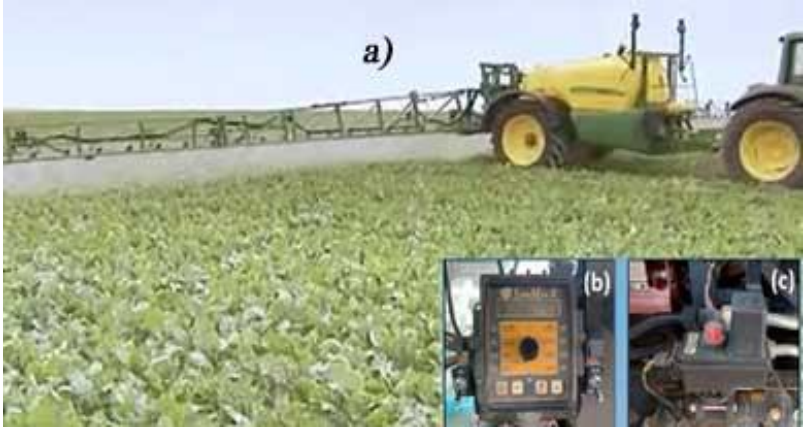


Рис. 1. Штанговий обприскувач M700, використаний для тестування продуктивності розпилення(a); Регулятор норми внесення Micro-Trak MT-2405F II, встановлений у 2024 році (b); Регулюючий клапан TeeJet® 346BPR-2F-03, використаний у 2024 році(c).

У 2024 році на той самий обприскувач було встановлено регулятор норми внесення Micro-Trak MT-2405F II (Micro-Trak, виробництва США) у поєднанні з регулюючим клапаном TeeJet® 346BPR-2F-03 (TeeJet Technologies, рис. 1b та 1c відповідно). Протягом обох років усі інші параметри обприскування, зокрема висота штанги та тип форсунок, залишалися незмінними. Єдиною відмінністю між двома досліджуваними роками була наявність або відсутність регулятора норми внесення.

Таким чином, конфігурація обприскувача без регулятора (використана у 2023 році) буде позначена як CNS, а обприскувач із регулятором (використаний у 2024 році) – як SRC.

Для створення крапель середнього, дуже великого та надвеликого розміру відповідно до стандарту ASABE S572.1 [3] використовувалися форсунки XRC, AIXR та TTI (рис. 2a, 2b, 2c відповідно).

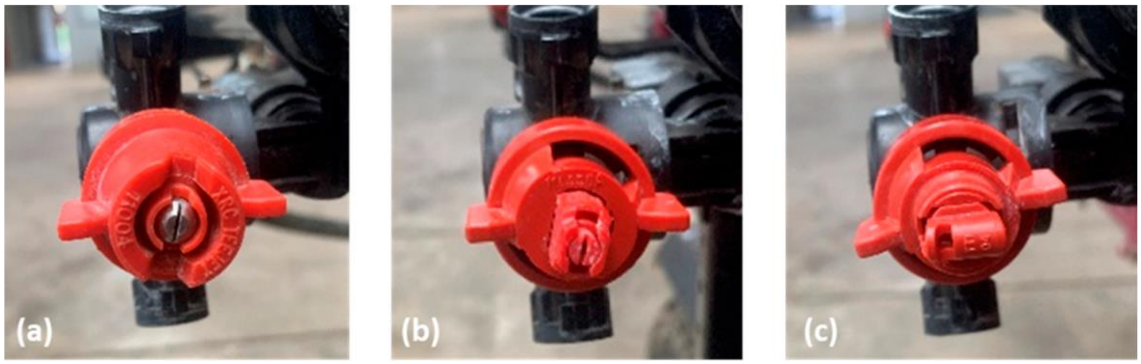


Рис. 2. Три різні типи форсунок TeeJet®(a): XRC 11004 – створює середні краплі, AIXR 11004 – створює дуже великі краплі (b), TTI 11004 – створює надвеликі краплі (c).

Основні характеристики форсунок: кут розпилення – 110°; розмір отвору – 0,4 мм. Форсунки були рівномірно розподілені по штанзі обприскувача (18,3 м) у такому порядку зліва направо (рис. 1а): XRC → AIXR → TTI. Під час випробувань кожна форсунка покривала шість рядків (відстань між рядами – 0,91 м), що формувало ділянку шириною 5,5 м та довжиною 182–200 м, що відповідало довжині поля.

Калібрування обприскувача перед випробуваннями становило: норма внесення - 187 л/га; тиск розпилення - 0,207 МПа; швидкість руху - 9,7 км/год; розмір форсунки – 0,4 мм.

Під час тестування змінювали лише швидкість руху, тоді як тип та розмір форсунок залишалися незмінними протягом усього періоду дослідження кожного року. Протягом обох років дослідження в полі, на посівах цукрових буряків, проводились дві обробки, до сходів, відразу після сівби, та при появі сходів. Після сходів, приблизно через 3…4 тижні після першої обробки. Дати внесення гербіцидів 2023 рік до сходів - 17 травня, після сходів - 06 червня, 2024 рік, до сходів - 13 травня, після сходів - 1 червня.

Форсунки, використані в дослідженні (рис. 2):

(a) TeeJet® XRC 11004 – створює середні (medium) краплі.

(b) TeeJet® AIXR 11004 – створює дуже великі (very coarse) краплі.

(c) TeeJet® TTI 11004 – створює надвеликі (ultra-coarse) краплі.

Ці форсунки використовувалися для забезпечення різного розміру крапель відповідно до стандарту ASABE S572.1 [4, 5].

Для збору даних перед початком обприскування на полі розміщувалися дерев'яні блоки (по дев’ять у кожній сітці), до яких канцелярськими скріпками кріпився вологочутливий папір (WSP) (рис. 3а). Розмір сітки становили 5,5×15,2 м. Відстань між блоками уздовж траєкторії обприскування складала 15,2 м. Відстань між блоками уздовж штанги обприскувача - 1,8 м. Кожна 3×3 сітка охоплювала шість рядків культури й відповідала одному типу форсунки. Розмір аркуша паперу WSP становив 26×76 мм.

Перед обприскуванням вологочутливий папір (WSP) закріплювали на всіх блоках. Гербіциди змішували з водою в зазначеній концентрації, після чого проводилося розпилення за різних швидкостей руху обприскувача. Після кожного проходу обприскувача WSP висушували протягом декількох хвилин. Потім зразки збиралися в марковані конверти, щоб уникнути подальшого забруднення через вологість.

Протягом кожного року випробування проводився контроль метеорологічних параметрів, включаючи: швидкість вітру (м/с); напрямок вітру; температуру (°C); відносну вологість (%); точку роси (°C). Для збору даних була встановлена метеостанція (Model 6357 Vantage Vue™, Davis Instruments), яка фіксувала показники щохвилини протягом усього періоду внесення пестицидів.

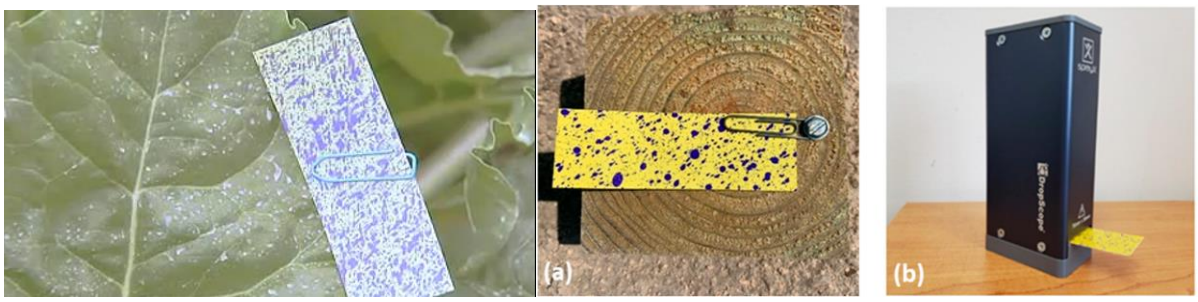


Рис. 3. Схема збору даних із закріпленим вологочутливим папером (WSP), який використовувався в полі (a). Прилад DropScope, що застосовувався для аналізу вологочутливого паперу (b)

Середні погодні умови за весь період випробувань у 2023 та 2024 роках наведені в табл. 2. Умови залишалися стабільними протягом усього періоду випробування. Середня швидкість вітру була низькою (<1 м/с) в обидва роки, що не спричинило значного впливу на осідання крапель під час внесення пестицидів.

Температура у 2023 році була вищою (20,8°C), ніж у 2024 році (18,8°C). Відносна вологість у 2023 році (75,0%) була значно вищою, ніж у 2024 році (56,4%).

Точка роси у 2023 році також була вищою (13,9°C) порівняно з 2023 роком (10,9°C).

Для оцінки впливу швидкості руху використовувався дисперсійний аналіз (ANOVA), де швидкість руху була основним фактором для кожного типу форсунки.

У разі значущих ефектів середні значення порівнювалися за допомогою t-критерію Стьюдента з рівнем значущості $\alpha = 0.05$.

Результати дисперсійного аналізу (ANOVA) для CNS (без регулятора норми внесення) показали, що збільшення швидкості руху призводило до значного зниження покриття розпилення (Табл. 3). Зменшення покриття спостерігалося для всіх типів форсунок (XRC, AIXR, TTI) при збільшенні швидкості з 9,7 км/год до 22,5 км/год. Найвище покриття при найнижчій швидкості (9,7 км/год): XRC – 40,1%; AIXR – 35,9%; TTI – 26,3%. Найнижче покриття при найвищій швидкості (22,5 км/год): XRC – 11,3%; AIXR – 18,0%; TTI – 9,4%.

Висновки. У даному дослідженні було оцінено ефективність розпилення для двох різних налаштувань обприскувача (CNS – без контролера норми внесення та SRC – з контролером норми внесення) при різних швидкостях руху. Аналіз проводився за трьома типами форсунок (XRC, AIXR, TTI). На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

Для CNS збільшення швидкості руху зменшувало кількість крапель, що потрапляли на одиницю площі, що, у свою чергу, знижувало рівень осідання розпилюваної рідини.

Для SRC якість крапель і рівень осідання були стабільнішими при зміні швидкості руху завдяки автоматичному регулюванню витрати рідини (а отже, і тиску розпилення) контролером.

Варіації якості розпилення (зміни у розподілі розмірів крапель) при підвищенні швидкості спостерігалися як для CNS, так і для SRC. Однак ці зміни були більш вираженими для SRC, оскільки контрольований тиск змінювався залежно від швидкості.

Серед форсунок тенденції у розпиленні та якості розпилення були подібними для XRC і TTI як у CNS, так і при SRC. Водночас форсунка AIXR показала нестабільний рівень осідання і якості розпилення при зміні швидкості руху.

Список використаних джерел

1. Taylor, W.; Anderson, P.; Cooper, S. The use of air assistance in a field crop sprayer to reduce drift and modify drop trajectories. In Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Weeds, Brighton, UK, 20–23 November 1989. [in English]

2. Hofman, V.; Solseng, E. Reducing Spray Drift. North Dakota State University Extension Service; Agricultural and Biosystems Engineering: Fargo, ND, USA, 2001; AgriEngineering 2023, 5 519. [in English]

3. Nuyttens, D.; De Schampheleire, M.; Baetens, K.; Sonck, B. The influence of operator-controlled variables on spray drift from field crop sprayers. Trans. ASABE 2007, 50, 1129–1140. [in English]

4. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. Peanut Sci. **2021**, 48, 87–96. [in English]

5. Ozkan, H.; Womac, A. Best Management Practices for Boom Spraying. Ohio State University Extension Publication AEX-527-05.2005. [in English]

УДК 621.01: 631.354

ДОСЛІДЖЕННЯ НОЖЕВИХ РОЛЛЕРІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПОЖНИВНИХ РЕШТОК

Заєць М.Л., Куцеруба В.Я.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Незважаючи на широку практику застосування ножових ролерів у сільському господарстві, існує низка недостатньо вирішених інженерних та агротехнічних проблем, які знижують ефективність їх використання в умовах сучасного землеробства. Серед основних недостатній ступінь подрібнення пожнивних решток, що впливає

на швидкість їх мінералізації та подальше формування гумусу; нерівномірність обробки поверхні поля, пов'язана з геометрією ролера та розміщенням ножів. Оптимізація енергоспоживання: необхідність зниження потужності приводу без втрати ефективності подрібнення, недостатнє врахування типу і стану пожнивних решток (вологість, щільність, вид культури) при проєктуванні робочих органів. Відсутність уніфікованих методик розрахунку основних параметрів ролера тощо.

Аналіз останніх досліджень. На даний час розробляються та впроваджуються технології вирощування сільськогосподарських культур з врахуванням якісного складу засобів виробництва в аграрних підприємствах. Вимоги щодо забезпечення інтенсифікації сільськогосподарського виробництва формуються досить жорсткими вимогами до агротехніки, тому виробники намагаються задовільнити виникаючі потреби в спеціальних машинах та засобах виробництва. Зокрема гостро стала проблематика обробітку полів після збирання технічних та олійних культур, таких як кукурудза та соняшник, що мають велику кількість пожнивних решток. Такими машинами є ножові ролери, що дозволяють подрібнювати рештки з достатнім ступенем та інтенсифікують процес обробітку.[1]

Мета дослідження. Саме тому метою даної роботи є підвищення ефективності використання ґрунтообробного агрегату шляхом модернізації технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту з одночасним подрібненням рослинних та пожнивних решток.

Виклад результатів дослідження. Ножовий ролер Dal-Bo MaxiCut – нове бачення в обробці пожнивних та рослинних решток різного виду. Ролер MaxiCut можна використовувати для високошвидкісної низьковитратної обробки полів, де вирощувався соняшник, кукурудза, ріпак, зернові культури, овочеві культури, подрібнення сидератних трав тощо. Рослинні залишки ріжуться, подрібнюються, плющаться і залишаються на поверхні ґрунту. Контакт залишків із ґрунтом запустить роботу мікроорганізмів (рис. 1). Обробка рослинних решток є серією серйозних завдань. Вони обмежують нашу можливість впливати на фактори, що лімітують схожість, такі як тепло, світло та волога. Рослинні залишки також можуть перешкоджати боротьбі з бур'янами, комахами та хворобами. Однак, при застосуванні правильно підібраного обладнання, користь від них перевищує витрати на їхню обробку.

Завдання, які вирішує Dal-Bo MaxiCut: подрібнення рослинних залишків та часткове загортання їх у верхній шар ґрунту; різання та обробка залишків з метою боротьби з комахами (особливо кукурудзяний метелик) та хворобами; вирівнювання та рівномірний розподіл рослинних залишків; локалізації водної та вітрової ерозії, ліквідація втрат гумусу; відновлення та формування родючого шару; створення умов збільшення накопичення

ґрунтової вологи; закладення розкиданих на полі органічних або мінеральних добрив; працює за рослинними залишками будь-якого розміру, не забивається; збільшення мікробної активності та прискорення процесу розкладання залишків; допомога у збалансуванні співвідношення азоту/вуглецю у ґрунті; поліпшення ефекту застосування гербіцидів та максимізація вимерзання бур'янів шляхом їх провокування; економія часу та ресурсів.

Рис. 1. Робота агрегату на різних агрофонах та вид поверхні після обробітку.

Внаслідок високої робочої швидкості та споживаної потужності барабан оснащений високоміцними сталевими осями Ø 70 мм і великими конічними роликовими підшипниками зі здвоєними манжетними ущільненнями з'єднаними через запатентовану Dal-Bo систему запобігання вібрації (рис. 2.). Завдяки високоміцній демпфуючій подушці, встановленій між сталевими стінками, забезпечується амортизація, що зводить практично нанівець будь-яку вібрацію.

Ролер Dal-Bo MaxiCut є сталевим барабаном 610x7мм, який необхідно заповнити водою, щоб надати додаткову вагу. На ролер встановлено ножі 100 мм, т.ч. загальний діаметр складає 810 мм. MaxiCut оснащений спеціальними загартованими ножами, які під час роботи з робочою швидкістю 18-25 км/год гарантують необхідний результат (і подрібнення пожнивних залишків). Подрібнення здійснюється за рахунок 15 наборів ножів, що розташовані по всій поверхні барабана. Барабан має

навантаження близько 1000 кг ваги на метр по всій робочій ширині. Коріння пожнивних залишків залишається у землі мінімізуючи вихід азоту.

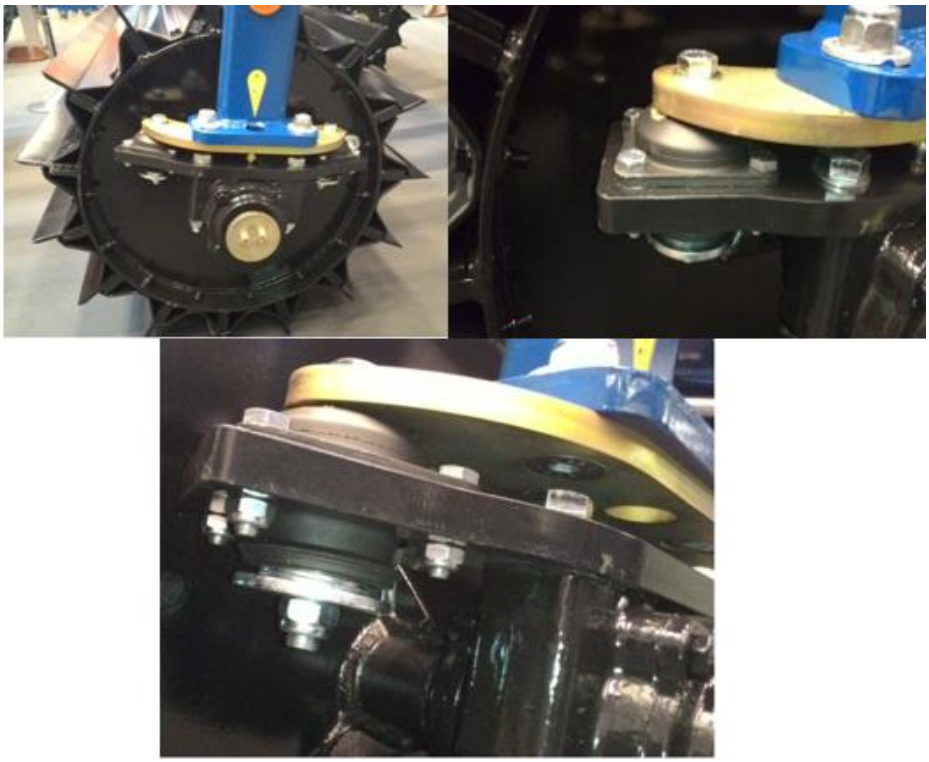


Рис. 2. Система запобігання вібрації з демпферною подушкою, яка встановлена між сталевими стінками.

Висновки. Формування та підтримання здорового ґрунту та залишені на поверхні пожнивні залишки можуть суттєво знизити ерозію ґрунту, викликану вітрами та водою. Залишившись на поверхні, вони допомагають утримувати ґрунтову вологу, не даючи воді випаровуватися. При подрібненні, залишки додаються до органічного матеріалу грунту, і це також підвищує його здатність утримувати вологу. Рослинні залишки додають органічний вуглець, вкрай необхідний для балансу вуглецю/азоту і здорового розвитку рослин. Після одного проходу ножового ролера MaxiCut 90% ґрунту залишається покритою рослинними залишками, які перешкоджають розмиванню ґрунту дощовою водою та втраті вологи від випаровування, в той же час у проміжках між рядами залишаються корені, які вільно тримаються у ґрунті та запобігають ерозії. Механічно подрібнені та розплющені залишки змішуються із грунтом в процесі роботи ролера. У такому стані залишки починають розкладатися швидше, дозволяючи мікроорганізмам раніше розпочати процес їх мінералізації.

У шарах ґрунту існує своя складна екосистема. Починають процес розпаду рослинних залишків черв'яки та жуки, подрібнюючи стебла та залишаючи їх для подальшої обробки мікроорганізмів. Бактерії та грибки, у свою чергу, запускають процес мінералізації поживних речовин, що

містяться в залишках. Після цього процесу поживні речовини готові до вживання. Щойно стебла залишків подрібнені, мікроби, що у грунті, починають потрапляти у рослинну масу. Таким чином, починається природний процес розкладання залишків, який забезпечує повернення в ґрунт поживних елементів, поліпшення родючого шару, формування гумусу (рис. 3).

Рис. 3. Сфера застосування ролера в грунтообробці.

Список використаних джерел

1. Dave Kanicki, Tom Evans Disc Chisels vs. Hybrid Disc Chisels: There is a Difference, Farm Equipment, 2017. Posted in Best Practices.

2. Гуков, Я. С. Обробіток ґрунту / Я. С. Гуков // Технологія та техніка. Київ, 148 Нора-Прінт. - 1999. - 275 с.

3. Кушнарьов А.С. Механіко-технологічні основи обробітку ґрунту / А.С. Кушнарьов, В.І. Кочів. – Київ: Урожай, 1989. 144 с.

УДК 632.314.5:633.32.4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Заєць М.Л., Парфенюк Б.М.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. У сучасному машинобудуванні спостерігається постійне зростання вимог до ефективності, надійності та енергоощадності машин. Робочі органи машин — як основні елементи, що безпосередньо взаємодіють із об’єктом праці (ґрунтом, матеріалом,

заготівлею тощо), — значною мірою визначають продуктивність, якість виконання технологічного процесу, а також енерговитрати. На практиці конструктивні параметри робочих органів часто встановлюються на основі емпіричних даних або застарілих методик, що не враховують змінні експлуатаційні умови, властивості оброблюваних матеріалів чи новітні матеріали й технології. Це призводить до нераціонального використання ресурсів, надмірного зносу деталей, зниження продуктивності та підвищення енерговитрат.

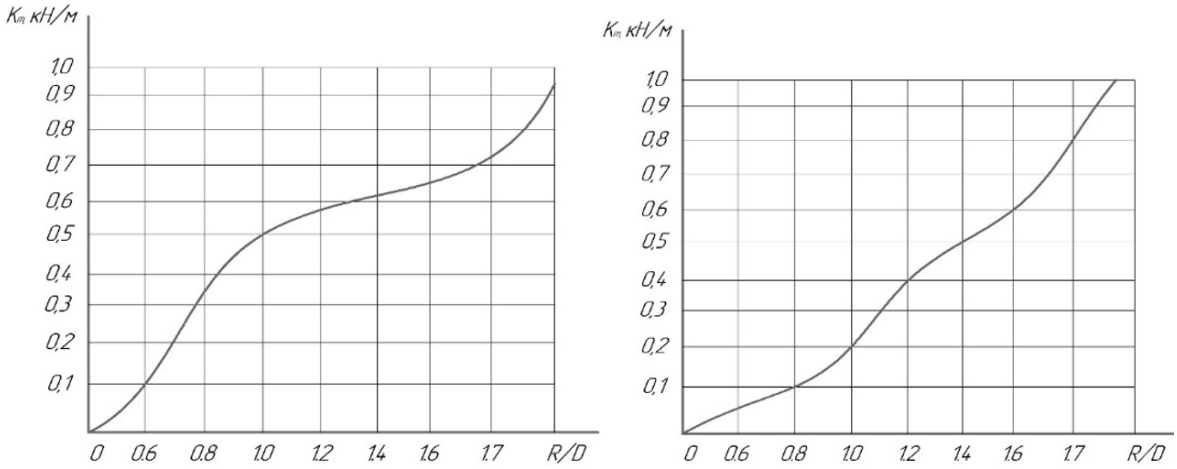
Аналіз останніх досліджень. Аналізуючи останні напрацювання вчених та дослідників, видно, що проблема полягає в тому, що пошук оптимальних параметрів є багатофакторним завданням**,** яке потребує врахування складної взаємодії геометричних, кінематичних, динамічних та матеріальних характеристик робочих органів із зовнішнім середовищем. Тому актуальним є проведення комплексних досліджень, які включають теоретичне моделювання, чисельні розрахунки та експериментальні перевірки [1, 2, 3].

Мета досліджень. Метою дослідження є наукове обґрунтування та визначення оптимальних параметрів робочих органів машин для вертикального обробітку грунту з урахуванням техніко-економічних, експлуатаційних та енергетичних показників, що забезпечують підвищення ефективності їх роботи, зниження енерговитрат та підвищення надійності в умовах конкретного технологічного процесу.

Виклад результатів дослідження У процесі досліджень проаналізовано вплив конструкційно-технологічних параметрів на показники динамічної їх взаємодії з грунтовим середовищем. Із залежностей (рис. 1.*а* і 1.*б*) видно, що при роботі диска в ґрунті опір можна охарактеризувати, як зростаючий за геометричною прогресією і має вузько смуговий характер [1,2,]. З точки зору ресурсоощадних технологічних процесів найбільш оптимальним питомим тяговим опором ґрунтообробних робочих органів є широкосмуговий розподіл. Необхідно відмітити, що всі значення опору однаково адекватні.

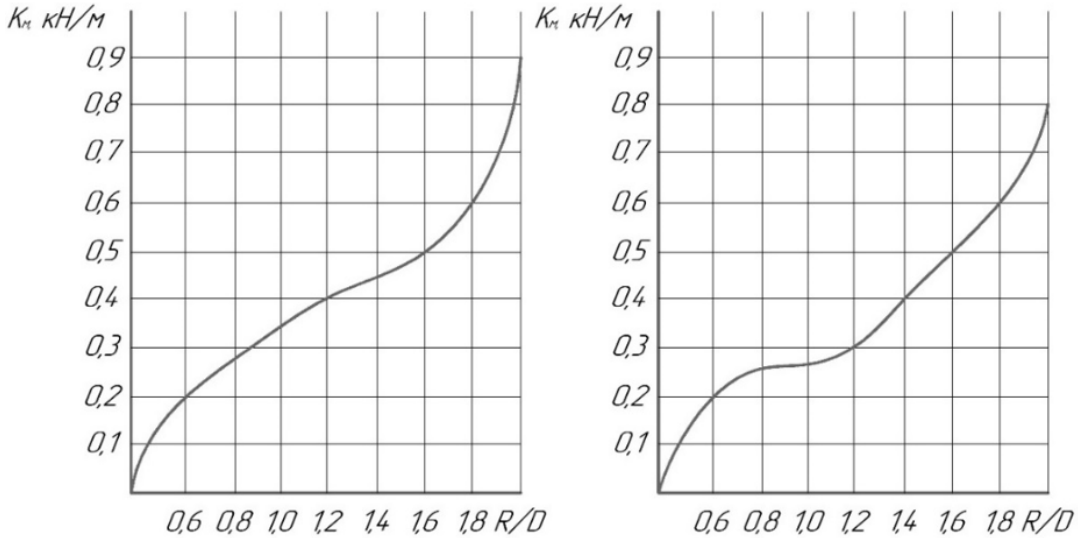
Аналізуючи залежність питомого тягового опору від співвідношення радіусу сфери до діаметру диска $K_м$ (R/D) випливає, що питомий опір робочого органу (рис. 1.*а*) зростає при значеннях відношення R/D = 0,6…1,0. При R/D = 1,0-1,6 процес характеризується як стабільний, і витрати тягової потужності трактора оптимальні. При збільшшенні R/D = 1,6-1,7 процес протікає в сторону збільшення опору, що підтверджу гіпотезу. Змінивши параметри диска D = 700 мм R=630 мм і кут атаки $\alpha = 22^0$ спостерігається більш різке зростання питомого опору, хоч і зменшився радіус кривизни сфери (рис. 1.*б*). Стійкість процесу забезпечується при співвідношенні R/D = 0,6-1,0. При дослідженні диска типу “ромашка” з вирізами з n > 6 (рис. 2*а* і 2б) тенденція не повторюється. При D = 650 мм і

R/D = 1,4 питомий опір дисків і умова стійкості буде така ж, як і при D = 500 мм і R/D = 1,6. Із збільшенням співвідношення R/D до 1,00 залежність повторюється, хоча й відбувається зміна в сторону зменшення. Зростання відношення R/D дає можливість оптимізувати значення D = 650 мм, R = 730 мм, R/D = 1,25, n = >8 отримано найкращі показники стійкості руху в ґрунтовому середовищі.



а) б)

Рис. 1. Залежність питомого тягового опору від співвідношення радіусу сфери до діаметру гладенького диска $К_м$ а - (R/D), D = 600 мм R=800 мм і кут атаки $\alpha = 22^0$; б - (R/D), D = 700 мм R=630 мм і кут атаки $\alpha = 22^0$



а) б)

Рис. 2. Залежність питомого тягового опору від співвідношення радіусу сфери до діаметру вирізного диска $К_м$ а - (R/D), D = 650 мм R=800 мм і кут атаки $\alpha = 20^0$; б - (R/D), D = 500 мм R=630 мм і кут атаки $\alpha = 20^0$.

Аналізуючи отримані отримані результати з результатами на (рис. 2.), можна зробити висновок, що виконання n - кількості вирізів на диску, а значить – зменшення площі контакту, дозволило забезпечити зменшення тягового опору на 8 %, а також стійкість руху робочого органа, технологічний процес протікає стійко.

При R/D = 1,66 якість процесу обробітку погіршується (рис. 2. а,б). Отже, при n = >6, β = 20^0 раціональні значення R/D знаходяться в діапазоні R/D = 1,0 … 1,5.

Вхідними конструкційними параметрами для проектування робочих органів [1,3,4]: а) конструкційна ширина захвату лапи а)(*в* = 0,2 м); б) глибина підйому горизонту ґрунту (h = 0,4 м); в) ширина робоча ($в_р$ = 0,58 м); г) кут розкриття ґрунту (2γ = 60°).

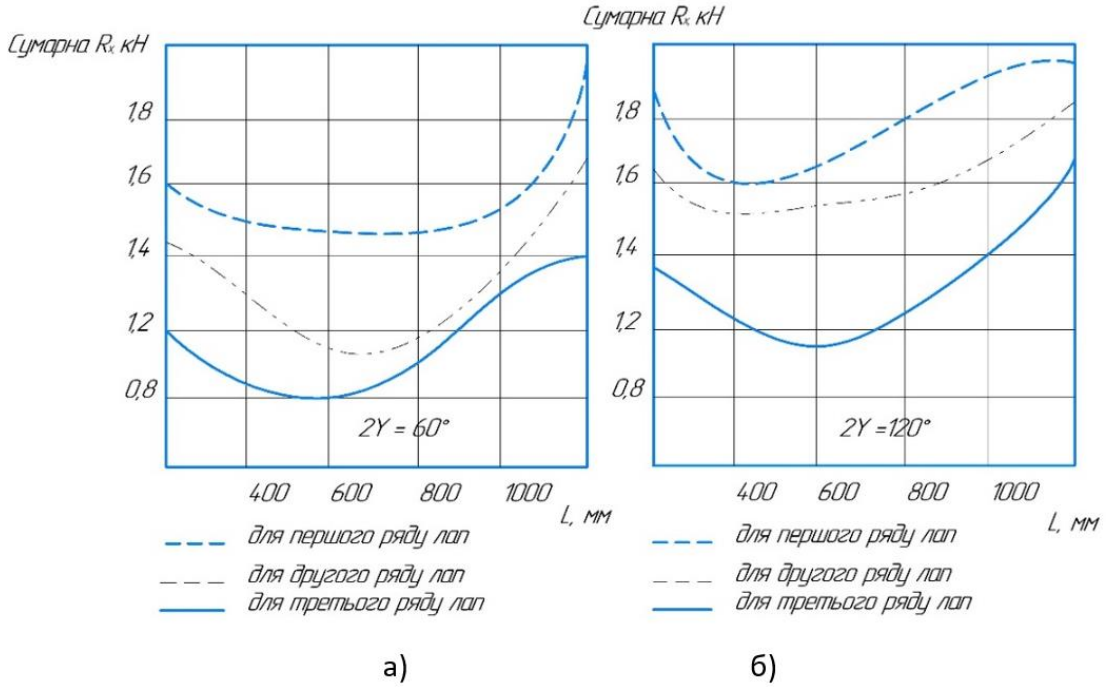


Рис. 3. Залежність значення сумарного тягового опору від рядності розташування розпушувальних лап та кута розкриття ґрунту ∑Rx = f (L, 2γ)

Тяговий опір ґрунтообробної машини визначаємо як суму тягових опорів всіх робочих органів: розпушувальних лап $P_л$ =1800Н, дискових робочих органів $P_д$ =500 Н та котків подрібнювального пристрою $P_К$ =4450 Н: $P = 7P_л + 32P_д + 2 \cdot P_К$ = =37,5 кН. Тяговий опір заднього ряду при збільшенні відстані L мі рядами знижується при двох значеннях кута 2γ і досягає свого мінімального значення при L =600 мм. Якщо значення кута 2γ зростає, то більшим повинно бути значення L, яке необхідне для мінімізаці параметра Rx. Зниження тягового опору першого і послідуючих рядів лап ∑Rx досягається, як за правило, за рахунок зниження тягового

опору останнього ряду, що да змогу встановлювати лапи більшої ширини захвату. Мінімальне значення ∑Rx отримуємо за умови 2γ = 60 … 90°,при тому, що зміна кута в даному діапазоні не суттєво впливає на тяговий опір.

Висновки. Проаналізовано вплив конструкційно-технологічних параметрів на показники динамічної їх взаємодії з ґрунтовим середовищем. Питомий опір можна охарактеризувати, як зростаючий за геометричною прогресією і має вузько смуговий характер.

Питомий опір робочого органу зростає при значеннях відношення R/D = 0,6…1,0. При R/D = 1,0-1,6 процес характеризується як стабільний, і витрати тягової потужності трактора оптимальні. При збільшенні R/D = 1,6-1,7 процес протікає в сторону збільшення опору, що підтверджує гіпотезу. Змінивши параметри диска D = 700 мм R=630 мм і кут атаки $\alpha = 22^0$ спостерігається більш різке зростання питомого опору, хоч і зменшився радіус кривизни сфери.

Із збільшенням співвідношення R/D до 1,00 залежність повторюється, хоча й відбувається зміна в сторону зменшення. Подальше збільшення R/D призводить до стабілізації процесу, і при D = 550 мм, R = 630мм, R/D = 1,15, n = >6 отримано найкращі показники стійкості руху в ґрунтовому середовищі.

Список використаних джерел

1. Технологічне обґрунтування мульчуючої системи землеробства, каталог техніки / ФЕМ - Технолоджі, 2008, - 52 с.

2. Техніко-технологічні рішення комплексної механізації в технології вирощування озимої пшениці в умовах Західного регіону України (практичні поради). /Львівська філія Укр НДІПВТ ім. Л. Погорілого. Магерів, 2008.- 42 с.

3. Гречкосій В. Д. Сучасна зарубіжна техніка для ґрунтозахисного землеробства / Журнал Аграрна техніка – 2008 – № 1.

УДК 631.331

METHODS OF MECHANIZED DISTRIBUTION OF SOWN SEEDS ACROSS THE SOWING AREA

Derevyanko D.A., Kinert V.V., Kuskovsky O.P., Parkhomchuk M.P., Razmakhin D.V.
Polissia National University

The uniform distribution of seeds in a field is a key requirement for high crop yields. When seeds are sown too densely or too sparsely, plants compete unevenly for light, water and nutrients, leading to lower yield and poor stand uniformity. Mechanized seeding tools have been developed to control the number

of seeds distributed per unit area and their spatial arrangement. Modern seeders not only meter seeds at a specified rate but also regulate depth, row spacing and seed-to-seed spacing to create optimal conditions for germination.

Mechanized broadcast seeding scatters seed across the soil surface rather than placing it in rows. According to the Wisconsin Department of Natural Resources' silviculture handbook, mechanical broadcast seeders are mounted on prime movers (crawler tractors, skidders, ATVs, snowmobiles or other vehicles) and use electric motors or power-take-off shafts to spin discs or fans that fling seed over the soil surface. These machines are a powered version of hand broadcasting; the operator drives across the field while the spinning mechanism distributes the seed behind the machine. Aerial broadcast seeders mount the same mechanism on helicopters or fixed-wing aircraft and are used for large or inaccessible areas.

Advantages and Limitations:

High field capacity. Mechanical broadcast seeders can quickly cover large areas; aerial seeders are especially useful for rough or steep terrain. Mechanical seeders can be attached to tractors performing other site preparation tasks.

Simplicity and low cost. Compared with precision planters, broadcast seeders have simple designs and are inexpensive to operate.

Poor uniformity. Broadcast seeding is difficult to control; seed distribution depends on wind, machine speed and seed characteristics. The Wisconsin handbook notes that mechanical broadcast seeders require large quantities of seed and leave seed exposed to insects, animals and weather. Seed is not covered uniformly, reducing germination.

Variable depth. Because seeds remain on the surface, moisture stress and predation reduce establishment. To improve soil contact, broadcast seeding is often followed by light harrowing or rolling (incorporation). Iowa State University's Integrated Crop Management article describes "broadcast seeding with incorporation" as a 1- or 2-pass system where seeds are broadcast and then incorporated using vertical or other tillage tools.

Broadcasting is suited for pastures, cover crops and restoration plantings where uniform rows are not required. Aerial broadcasting is used to seed large or inaccessible areas, such as post-fire re-seeding of rangelands. Mechanical broadcast seeders can also be used for overseeding cover crops into standing crops; however, distribution may be uneven.

Drill seeding places seeds in shallow furrows at a preset row spacing and depth. The MDPI review of intelligent seeding machinery explains that drill seeding requires forming ditches (furrows) at uniform intervals and depositing seeds into them. A typical grain drill consists of:

Ground-driven metering mechanism: a fluted feed or cup feed regulates seed flow from the hopper.

Furrow openers: discs or hoes cut furrows in the soil.

Seed tubes: deliver metered seeds into the furrow.

Press wheels: close and firm the soil over the seed, improving seed–soil contact.

Advantages and limitations:

Uniform distribution and depth. Drill seeding provides more consistent seed placement than broadcasting. Iowa State University notes that drilling gives the most uniform seed distribution and excellent seed-to-soil contact, resulting in better stands.

Lower seed rate. Because seeds are placed in rows at a specified spacing, drill seeding requires less seed than broadcasting.

Delayed timing. On farms where drill seeding follows harvest, the operation may be delayed beyond the optimal planting window. Delayed seeding can reduce biomass of cover crops or yields of grain crops.

Limited flexibility in rough terrain. Drills require relatively even fields and cannot easily operate on steep or highly irregular ground.

Mechanized seeding has evolved from simple broadcast spreaders to sophisticated, sensor-equipped precision planters. Mechanical broadcast seeders remain useful for cover crops and extensive reseeding but suffer from poor uniformity and high seed consumption. Drill seeders improved uniformity by opening furrows and metering seed into rows. Further progress led to pneumatic seed drills and precision planters, which use vacuum or air pressure to singulate seeds and place them at prescribed spacing. Yet, pneumatic drills may exhibit lateral unevenness when the distributor head is tilted. Emerging intelligent seeding systems integrate sensors, variable-rate controls and GPS guidance to optimize seeding according to soil properties and yield goals.

Understanding the operating principles, advantages and limitations of each mechanized seeding method helps farmers choose appropriate equipment for their crops, fields and management goals. As technologies continue to advance, future seeding machinery will likely combine precision placement with real-time adaptability to further enhance yield potential and resource use efficiency.

УДК: 631.3:681.5

МЕХАТРОННА СИСТЕМА АГРОМОСТОВОЇ МАШИНИ

Бойко В.Б., Денисенков О.В., Бойко Б.В.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сучасні мобільні енергетичні засоби задіяні в вирощуванні сільськогосподарських культур являють собою складні енергонасичені машини, які досягли піку свого удосконалення. Реалізації максимальних тягових властивостей у них досягається шляхом збільшення

зчіпної ваги за рахунок використання додаткових вантажів (баласту), що супроводжується підвищеними витратами енергії, надмірним ущільненням ґрунту та обмеженим рівнем автоматизації. Вирішити дані проблеми можливо впровадженням мостової технології землеробства, що передбачає застосування машин, які переміщуються по сталих коліях (доріжках), не створюючи механічний вплив ходових систем (рушіїв) на основну площу для вирощування сільськогосподарських культур. Жорстка прив'язка мостових машин до ділянки поля дозволяє спростити їх координацію та автоматизацію виконання основних технологічних операцій. Для реалізації точної координації та керування такими машинами необхідні інтегровані мехатронні системи.

Аналіз останніх досліджень. У працях вітчизняних та закордонних науковців показано переваги мостових технологій у збереженні структури ґрунту та скороченні витрат пального. Так в роботах Chamen T. [1], Улексіна В.О. [2], Надикто В.Т. [3] відзначено перспективність поєднання сенсорних систем, електронних контролерів і роботизованих механізмів. Проте питання комплексної інтеграції цих рішень в єдину мехатронну систему агромостових машин досліджені недостатньо повно.

Мета досліджень. Створення концепції мехатронної системи агромостової машини, що забезпечує точне позиціонування робочих органів, автоматичний контроль параметрів технологічних операцій і раціональне використання енергоресурсів.

Результати досліджень. У ході дослідження було запропоновано концептуальну модель мехатронної системи для агромостової машини (рис. 1), яка поєднує у собі апаратні та програмні модулі, що забезпечують високу точність позиціонування, автоматизацію технологічних процесів та енергоефективність.

Основним принципом побудови системи є модульність та можливість адаптації до різних умов роботи. Система включає кілька функціональних блоків (рис. 2). Енергетичний блок забезпечує безперебійне живлення складових машини за рахунок генерації електроенергії сонячними панелями.

Навігаційний блок включає GNSS-приймач із підтримкою RTK-корекції (точність 2–3 см), інерційний модуль, датчики переміщення та положення машини і робочих органів. Це дозволяє не лише відстежувати траєкторію руху, а й контролювати параметри обробітку ґрунту, посіву та інші операції у реальному часі.

Виконавчий блок представлений електромеханічними приводами, що керують положенням робочих органів, гідравлічними актуаторами для регулювання глибини обробітку та електродвигунами допоміжних систем. Така конфігурація забезпечує плавне регулювання режимів роботи і мінімізує інерційні навантаження.

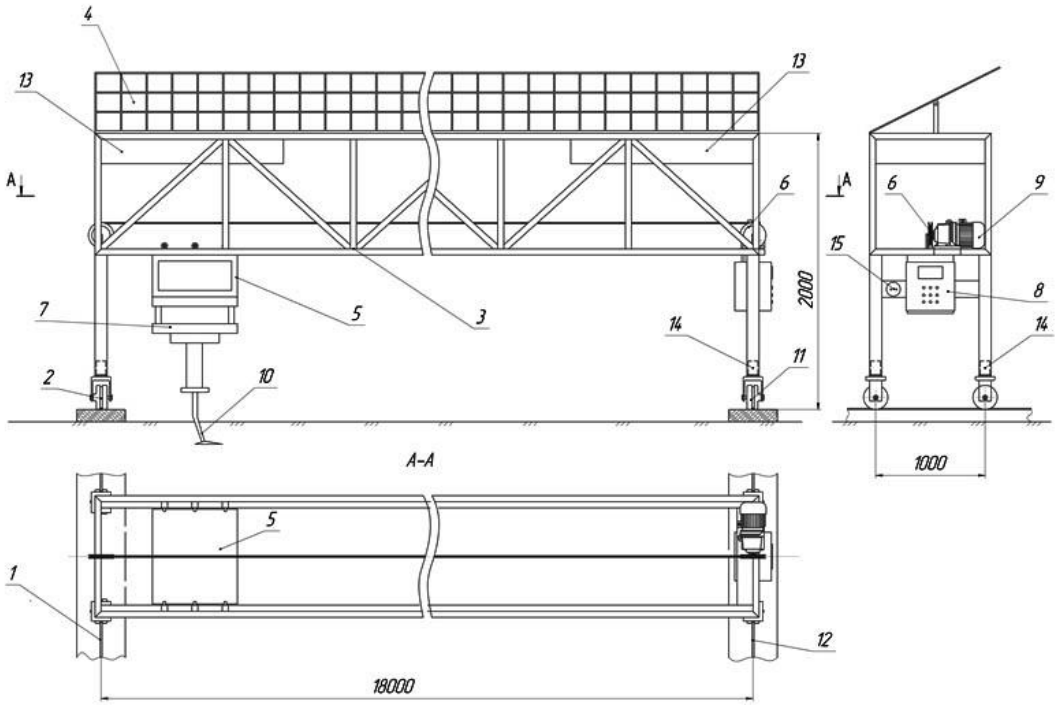


Рис. 1. Енергетична машина мостового типу: 1, 12 – напрямні рейки; 2, 11 – мотор-колеса; 3 – ферма; 4 – сонячні панелі; 5 – каретка; 6 – ланцюгова передача; 7 – механізм агрегатування; 8 – шафа керування; 9 – електродвигун; 10 – знаряддя; 13 – акумуляторна батарея; 14 – кроковий двигун; 15 – роз'єм зарядки батареї

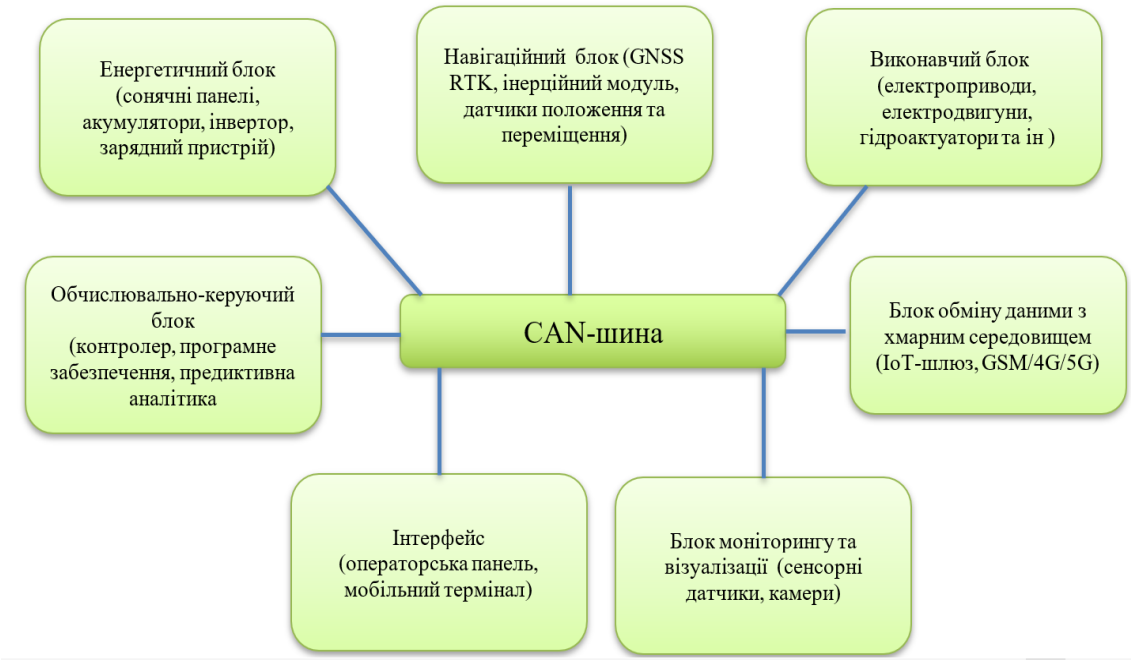


Рис. 2. Структурна схема мехатронної системи агромоста

Обчислювально-керуючий блок побудований на контролері ESP-WROOM-32 зі спеціалізованим програмним забезпеченням. Алгоритм керування передбачає синхронізацію руху мостової машини з робочими

органами та адаптивне коригування траєкторії на основі даних давачів. Використання предиктивних алгоритмів дозволяє завчасно компенсувати відхилення та забезпечити високу стабільність технологічного процесу.

Важливим елементом системи є блок моніторингу та візуалізації, робота якого базується на застосуванні спектральних камер, що дозволяють виконувати аналіз стану рослин та грунтів. Отримані дані через блок обміну з хмарним середовищем (IoT-шлюз, GSM/4G/5G) передаються до систем Big Data для збереження, аналізу та побудови аплікаційних карт (наприклад, для диференційованого внесення засобів захисту чи добрив). Також передбачено зворотний обмін даними для оптимізації роботи машини та оновлення алгоритмів.

Для надійної взаємодії між усіма блоками застосовується CAN-шина, яка забезпечує стійку та швидку комунікацію.

Результати попередніх експериментів засвідчили, що впровадження такої системи дозволяє знизити середнє відхилення робочих органів від заданої траєкторії з ±50 мм до ±10 мм, що суттєво підвищує точність виконання агротехнічних операцій. Енергоефективність підвищується на 15–20 % завдяки оптимізації режимів роботи приводів і зменшенню перекриттів між суміжними проходами. Час переналаштування обладнання на різні операції скорочується більш ніж удвічі. Це відкриває перспективу широкого впровадження мостових машин із мехатронними системами у технології точного землеробства.

Висновки. Запропонована мехатронна система агромостової машини забезпечує інтеграцію сенсорних, виконавчих та обчислювально-керуючих модулів у єдину структуру, що дозволяє значно підвищити точність технологічних операцій. Завдяки використанню сучасних сенсорів, предиктивних алгоритмів та CAN-шини досягається стабільність і енергоефективність процесів. Система підтримує обмін даними з хмарним середовищем, що створює передумови для її впровадження у технології точного землеробства.

Список використаних джерел

1. Chamen T. Controlled traffic farming – from worldwide research to adoption in Europe and its future prospects. Acta Technologica Agriculturae, 18(3), 64–73.

2. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень : монографія / Кобець А. С., Теслюк Г. В., Пугач А. М., Сокол С. П., Надикто В. Т., Улексін В. О., Бойко В. Б., Золотовська О. В., Теслюк Ю. В. – Дніпро : Акцент, 2023. – 367 с.

3. Надикто В.Т. Роботизовані системи у точному землеробстві. Наукові праці ТДАТУ, 22(2), 89–95.

УДК 631.353

ГНУЧКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЗАГОТІВЛІ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

Кузьменко В.Ф.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН України
Онищенко В.Б., Онищенко Б.В.
Національний університет біоресурсів та природокористування України
Холодюк О.В.
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Поряд з позитивними явищами (наприклад, можливість вирощувати високі врожаї кукурудзи в зоні Полісся) зміни кліматичних умов приносять посухи, грозові зливи, бурі як під час збирання кормів так і під час їх вирощування. Технологічні процеси збирання кормів короткострокові, вимоги до стану сировини достатньо жорсткі, тому процеси повинні трансформуватися (змінюватися) у відповідності до виду корму, наявних технічних засобів, прогнозних умов в період збирання, забезпечуючи отримання якісних кормів, тобто вони мають бути гнучкими.

Аналіз останніх досліджень. Гнучкість процесів в машинобудуванні [1] визначається кількістю станів в яких може перебувати процес виготовлення деталі, часом налаштування на нову продукцію, тощо.

Фахівці агрономічного напряму під гнучкістю [2] розуміють межі адаптації рослин, що вирощуються з забезпеченням економічно доцільних урожаїв.

В галузі агропромислового виробництва відсутнє чітке визначення гнучкості технологічних процесів заготівлі кормів та спрямування розробок в цьому напрямку. Однак і розробки провідних вчених, передових виробничників, ведучих фірм – виробників кормозбиральної техніки спрямовані в напрямку отримання високоякісних кормів шляхом прискорення процесів. Саме додаткові операції, що виконуються при нетипових умовах заготівлі кормів, дозволяють витримати вимоги щодо сировини для кормів і надають в їх розробках гнучкості процесам заготівлі [3,4].

Мета досліджень полягає у розробленні методики для визначення показника гнучкості технологічного процесу заготівлі стеблових кормів та методику його розрахунку.

Результати досліджень. Аналізуючи технології збирання стеблових кормів та вологого зернофуражу можливо виділити елементи технологічних процесів, реалізація яких обов’язкова для отримання корму. Однак

отримання того чи іншого виду корму можливо лише за сприятливих погодних умов.

На прикладі заготівлі сіна оцінимо гнучкість ($\boldsymbol{Г_Н}$) окремих процесів. Гаму можливих варіантів формують як види отримуваного корму , так і засоби механізації, що використовуються при цьому (розсипне, різаного та сіно запаковане у тюки чи рулони).

Аналізуючи обов'язкові складові процесів заготівлі сіна відзначаємо необхідність виконання кожної з складових процесів збирання (скошування, сушіння, підбирання -вантаження, перевезення, складування з забезпеченням уникнення намокання). Однак визначальним в цьому випадку буде сушіння скошеної трави. Стебла для гарантованого зберігання мають бути досушені до відносної вологості 18 - 20 %. Саме завершення сушіння стебел створює фізіологічну основу консервування корму, гарантує його якість, мінімізує втрати. Всі варіації та інновації технологічних процесів чи операцій спрямовані на прискорення процесу сушіння, зменшення часу перебування сировини в полі, швидкого підбирання доведеної до кондиційної вологості сировини. Після цієї операції та підбирання сіна і формування з нього об’ємів за сприятливих погодних умов процес може перериватися, виконання операцій не лімітовано в часі. Тому гнучкість заготівлі сіна буде характеризуватися відношенням меж вологості сировини за яких можливе підбирання (подальше виконання робіт) до загальних меж змін вологості трави та часом перебування сировини під сонцем (швидкістю сушіння).

Гнучкість технологічного процесу заготівлі стеблових кормів($\boldsymbol{Г_Н}$) є його спроможність (властивість) трансформуватися в разі неможливості дотримання вимог на лімітуючих складових технології збирання (некондиційних показників вологості, темпів виконання робіт, тощо) за рахунок переорієнтації на інший вид корму, повторення або додавання «необов'язкових» операцій, переналаштування технічних засобів без їх заміни. Реалізація елементів гнучкості технології спрямована на отримання корму задовільної якості (відповідно ДСТУ) і можлива за використання додаткових технічних засобів, які не використовуються за сприятливих умов заготівлі корму.

Формуємо показник гнучкості ($Г_Н$) технологічного процесу заготівлі сіна в двох безрозмірних координатах:

Координата ординат ($У_I$) – відношення різниці між початковою вологістю трави ($W_{ТР}$) та вологістю за якої підбирають траву з поля ($W_{СР}$) за реалізації досліджуваного процесу до різниці між початковою вологістю трави ($W_{ТР}$) і вологістю сіна ($W_С$), що укладається на зберігання. Можемо записати:

$$У_I = (W_{ТР} - W_{СР})/(W_{ТР} - W_С); \quad (1)$$

де: $W_{ТР}$ - вологість трави початкова ,

$W_{СР}$ - вологість сировини;

$W_С$ - вологість сіна за агровимогами при укладанні на зберігання.

Отримуваний показник - безрозмірна величина і характеризує вплив вологості на гнучкість процесу.

Координата абсцис (X_1) – відношення часу перебування сировини в полі до часу необхідного для висушування трави до кондиційної вологості. Записуємо:

$$X_I = T_{ЗБ}/T_{18}; \qquad X_I = T_{ЗБ}/Тр; \tag{2}$$

де: $T_{ЗБ}$– час від скошування до збирання сировини в полі;

Тр – час на виконання робіт згідно регламенту, для сіна Тр $\geq T_{18}$– час висушування сировини до відносної вологості 18 %, оскільки включає витрати часу не лише на сушіння, а і на підбирання його з поля. Останнє визначається видом та кількістю технічних засобів на виконання робіт.

Величина показника гнучкості $\boldsymbol{Г_H}$ зображуватиметься площею прямокутного трикутника, обмеженою відрізками координат OX_I, $O\,У_I$ та гіпотенузою $X_I\,У_I$. Записуємо:

$$\boldsymbol{Г_H} = 0{,}5 \times X_I \times У_I; \tag{3}$$

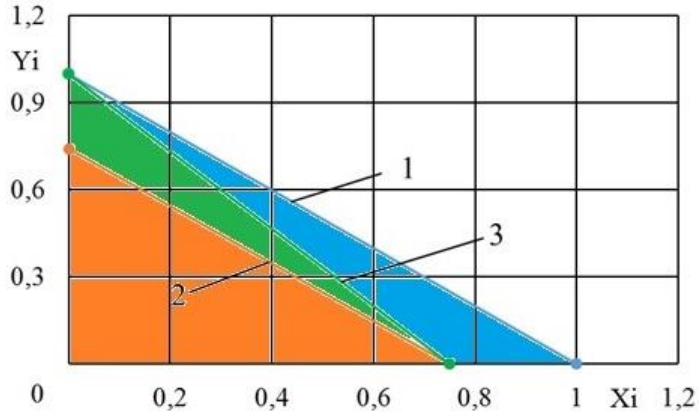


Рис. 1. Показники гнучкості технологічних процесів заготівлі сіна: 1 – сіно заготовлене по традиційному процесу, 2 – сіно заготовлене активним вентилюванням, 3 – сіно заготовлене з використанням ворушінням сировини

Для сіна заготовленого по класичному технологічному процесу (варіант 1: скошування в покоси, досушування до вологості 18%, згрібання та підбирання з вантаженням, перевезення та складування) показники $X_I = У_I = 1{,}0$ величина показника буде 0,5 (синій колір). Для сіна заготовленого з плющенням та згрібанням у валки (варіант 3, зелений колір) підбирання відбуватиметься за тієї ж вологості, що і в першому випадку. Показник $У_I$=1,0. Однак завдяки плющенню та ворушінню зі згрібанням у валки за вологості сировини 50% час перебування в полі скоротиться і величина $X_I = 0{,}75$. Показник гнучкості зменшиться до $Г_H = 0{,}375$. Мінімальне значення показника буде за заготівлі сіна активним

вентилюванням (варіант 2, помаранчевий колір). Сировина в полі підбиратиметься за вологості 30%, величина складе $У_I$= 0,75. Час перебування в полі завдяки плющенню та ворушінню також скоротиться. Показник $X_I = 0{,}75$. Величина гнучкості складе $Г_H = 0{,}281$.

Висновки. Запропонована методика визначення показника гнучкості технологічного процесу заготівлі стеблових кормів та методика його розрахунку. Максимальне його значення визначатиме мінімальну гнучкість процесу. На прикладі заготівлі сіна встановлено, що найпростіший технологічний процес заготівлі сіна матиме найбільший показник гнучкості ($Г_H = 0{,}50$), а заготівля сіна активним вентилюванням з плющенням та ворушінням зі згрібанням сировини за 50% вологості – мінімальне значення ($Г_H = 0{,}28$).

Список використаних джерел

1. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування / Навч. посібник. Частина І – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 286 с. – Бібліогр.: с. 277 – 286 https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/a2c419c2-3f32-4428-9412-b5f663bb0997/content Дата посилання 17.09.2025 р

2. Попов С., Авраменко С., Цехмейструк М., Манько К., Глубокий О. Адаптивні технології для вирощування. Агрономія сьогодні. 2014 р, 5 вересня. (Електронний ресурс) http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item /480-adaptatyvni-tekhnolohii-dlia-vyroshchuvannia.html (дата звернення: 2.07.2020).

3. Кузьменко В.Ф., Максіменко В.В. Гнучкі технологічні процеси заготівлі сіна. Аграрна наука – виробництву. 2022, №4, с. 29 – 30.

4. Кузьменко В.Ф., Максіменко В.В., Братішко В.В. Технологічні процеси заготівлі сіна та їх гнучкість. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки: збірник. Харків: ХНТУСГ, 2021. – Вип. 211. 155с. С. 47-50.

УДК 631.331.1.024.2/.3

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ СОЇ

Рудь А.В., Соловей В.І.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Висів насіння є одним із найважливіших етапів у процесі вирощування сільськогосподарських культур, включаючи сою, яка є ключовою культурою для виробництва олії, кормів та інших продуктів.

Точність висіву відіграє критичну роль у забезпеченні оптимального росту і розвитку рослин. Неправильний або нерегулярний висів може призвести до низької врожайності, нерівномірного розвитку рослин та збільшення витрат на обробіток поля.

Аналіз останніх досліджень. Останні дослідження щодо точного висіву насіння насіння сої зосереджені на підвищенні точності висіву (сингулювання) та зменшенні пропусків і дублювань, адже рівномірність розміщення рослин прямо впливає на врожайність. Найефективнішими виявились сучасні пневматичні й вакуумні системи, які забезпечують стабільніші результати порівняно зі стандартними дисковими дозаторами, особливо при зміні розміру, форми та вологості насіння.

Загалом сучасні дослідження підкреслюють: для стабільної роботи дозатора сої потрібно поєднувати технічні інновації з грамотними агротехнічними прийомами — калібруванням, сортуванням насіння та перевіркою роботи на полі перед сівбою. Це дозволяє підвищити рівномірність стояння рослин і отримати більш прогнозовану врожайність.

Мета досліджень. Метою дослідження робочого процесу точного висіву насіння сої є аналіз і моделювання механізмів дозування для підвищення точності та ефективності процесу висіву.

Результат досліджень. У конструкціях вітчизняних та зарубіжних однозернових висівних апаратів процес западання насіння в комірки здійснюється під дією сили тяжіння, що зумовлює порівняно низьку продуктивність апаратів. Підвищення швидкості руху комірок під шаром насіння обмежується погіршенням заповнюваності комірок у зв’язку із зменшення часу контакту між насінням та коміркою [1, 2].

В дозаторах для висіву насіння просапних культур і зокрема сої, у яких горизонтальна вісь обертання диска, із збільшенням частоти обертання диска різко збільшується відцентрова сила, яка протидії руху насіння в комірку. Тому в цих дозаторах комірки висівного диска заповнюється насінням лише на швидкостях обертання диска, що не перевищують 0,2-0,3 м/с [2].

У таких дозаторах висівний диск є і вибираючим і висівним органом, що перешкоджає підвищенню якості розподілу насіння в борозні, оскільки швидкість $V_н$ виходу насіння з комірок має бути близькою до швидкості V_a посівного агрегату, тобто насіння до точки вивантаження на дно борозни має підводитися зі швидкістю, що рівна за модулем і протилежна за напрямком швидкості руху агрегату.

У дозаторах такої конструкції заповнення комірків диска насінням здійснюється під дією відцентрової сили $F_в$ і сили тяжкості G. Насіння в порожнині диска, що висіває, рухаються до внутрішньої комірчастої поверхні диска по лопатях крильчатки. При цьому колова швидкість забезпечується незалежним приводом диска і крильчатки [3, 4, 5].

Насіння після западання в комірку висівного диска транспортується останнім до висівного вікна, притискається при цьому відцентровою силою $F_в$ до внутрішньої поверхні корпуса дозатора.

Після виходу з комірки диска, що висіває, насіння проходить у висівне вікно (рис. 1) корпуса дозатора. Для визначення довжини L висівного вікна складаємо диференціальне рівняння руху насіння в комірці, спроектувавши діючі сили на вісь y_1 (рис. 1).

$$m\ddot{y}_1 = m(g + \omega_0^2 R_1). \quad (1)$$

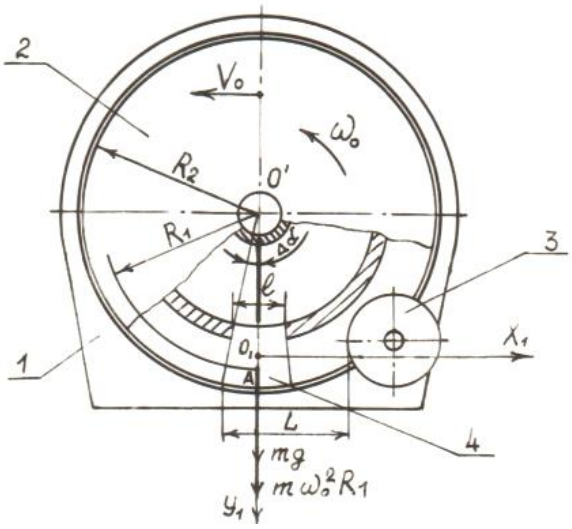


Рис. 1. Схеми сил, що діють на насіння під час руху та виходу його з комірки висівного диска: 1 – корпус; 2 – висівний диск; 3 – відбивний ролик; 4 – комірка

Скоротивши ліву і праву частину рівняння (1) на m, отримано

$$\ddot{y}_1 = g + \omega_0^2 R_1. \quad (2)$$

Інтегруємо рівняння (2) двічі по t:

$$\dot{y}_1 = k_1 t_1 + C_3, \quad (3)$$

$$y_1 = 0{,}5 k_1 t_1^2 + C_3 t_1 + C_4. \quad (4)$$

де $k_1 = g + \omega_0^2 R_1$.

Постійні C_3 та C_4 визначаємо за початковими умовами: при $t_1 = 0$, $y_1 = 0$ та $\dot{y}_1 = 0$. З урахуванням початкових умов величини C_3 та C_4 дорівнюватимуть C3 = 0, C4 = 0. Тоді (3) і (4) запишуться:

$$\dot{y}_1 = k_1 t_1, \quad (5)$$

$$y_1 = 0{,}5 k_1 t_1^2. \quad (6)$$

Зважаючи на величину O_1A, нехтуємо зміною відцентрової сили, обчислюючи її за виразом

$$F_ц = m\omega_0^2 R_1, \quad (7)$$

де $R_1 = O'O_1 + 0{,}5 O_1 A = 102{,}18 + 0{,}5 \times 2{,}82 = 103{,}59$ мм (точка O_1 – початок координат – розташована посередині глибини комірки).

Насіння вийде з комірки, за умови, що опуститься вниз на половину її глибини, тобто

$$y_1 = O_1A = 0{,}5C, \quad (8)$$

де C – розмір насіння (товщина насіння). C = 4,65 мм.

Визначаємо швидкість $\dot{y}_1$ та час t виходу насіння з комірки (5) і (6). Горизонтальна швидкість по модулю дорівнюватиме

$$\ddot{x}_1 = \omega_0 R_2, \quad (9)$$

де $R_2 = O'A$ – радіус висівного диска.

Швидкість $\dot{x}_1$ перпендикулярна до O'A; кут $\Delta l = \omega_0 t_1$

Допускаємо, що y_1 = C, тоді отримуємо

$$t_1 = \sqrt{\frac{C}{0.5k_1}}. \quad (10)$$

Отже, скориставшись формулою (10) визначаємо час виходу насіння з комірки

Висновок. 1. З дослідження робочого процесу точного висіву насіння сої та підвищення заповнюваності комірок висівного диска і рівномірності розподілу насіння вздовж рядка випливає, що в існуючих конструкціях однозернових висівних апаратів процес западання насіння в комірки диска здійснюється, в основному, під дією сили тяжіння, що зумовлює порівняно низьку їх продуктивність.

2. Висів насіння просапних культур (сої, кукурудзи, та ін.) на високих робочих швидкостях з рівномірним розподілом насіння можливий шляхом застосування внутрішнього заповнення комірок, при якому насіння подається у внутрішню порожнину вертикального диска, а тому насіння западає в комірки не тільки під дією сили тяжіння, але й відцентрової сили $F_в$.

Список використаних джерел

1. Січкар В.І. Шляхи підвищення урожаю сої в зоні Спепу / В. І. Січкар // Генетика і селекція в України на межі століть. Т.3. – К. : Логос, 2001. С. 121-125.

2. Соя: агроекологічні основи вирощування, переробки і використання : Навчальний посібник / А. О. Бабич, М. І. Бахмат, О. М. Бахмат. – Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори-2006», 2013. 268 с.

3. Рудь А.В. Швидкісний висівний апарат // Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБІП України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.) / НУБІП України, 2023. С. 312-313. https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u163/tezykiyiv2023.5.11.pdf

4. Дозатор насіння сої : пат. 156591 Україна : МПК (2024.01) A01C7/04. № u202300998; заявл. 13.03.2023; опубл. 17.07.2024, Бюл. № 29/2024. 5 с. https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1808972/.

5. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробкою сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напрямку 6.100202 «Процеси машини та обладнання агропромислового виробництва» І.М.Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій та інші за редакцією І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Камя'нець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2012. 640 с.

УДК 631.358.1

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УЛОВЛЮВАЧА ПЛОДОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Деркач І.О., Деркач О.П.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Суттєвим недоліком різних типів уловлювачів плодозбиральних комбайнів для збирання зерняткових плодів є значне пошкодження плодів на уловлювальній поверхні [1, 2]. Тому нами запропоновано уловлювач ступінчастого типу, який дозволяє зменшити кількість пошкоджених плодів порівняно з уловлювачами інших типів.

Уловлювач ступінчастого типу плодозбирального комбайна являє собою ряд паралельних площин, покритих енергопоглинаючим матеріалом (поролон+меморативна тканина) і встановлених під кутом до горизонту α_0 (рис. 1). Під площинами розташований стрічковий транспортер з комірками, також виготовленими з енергопоглинаючого матеріалу. Плоди, що надходять з крони дерева, гасять швидкість на похилих площинах і поступають в комірки транспортера, звільняючи при цьому місце на похилих площинах плодам, що безперервно поступають з крони дерева. Завдяки невеликій довжині похилих площин час перебування на них плодів незначний, що зменшує ймовірність їх пошкодження.

Швидкість плоду V (рис. 1) в момент удару об похилу площину дорівнює:

$$V = \sqrt{V_B^2 + 2gH}\ , \tag{1}$$

де H - висота падіння плоду.

Модуль швидкості U після удару визначається рівнянням

$$U = V\sqrt{\sin^2\alpha + K_B^2}\cos^2\alpha\ , \tag{2}$$

де K_B - коефіцієнт відновлення.

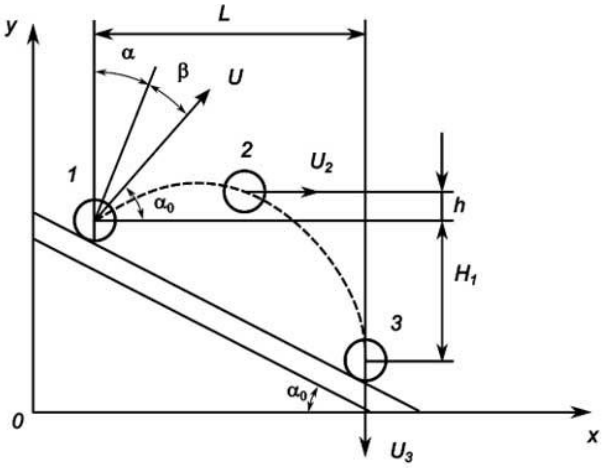


Рис. 1. Схема руху плоду по приймальній поверхні уловлювача

Коефіцієнт відновлення дорівнює

$$K_B = \frac{tg\alpha}{tg\beta}, \tag{3}$$

і визначається експериментально, шляхом заміру кутів α і β.

Рух плоду, що відскочив від похилої площини під кутом α_0 до горизонту з початковою швидкістю *U* описується рівняннями

$$\left.\begin{aligned} x &= u \cdot t \cdot \cos\alpha \\ y &= u \cdot t \cdot \sin\alpha_0 - \frac{gt^2}{2} + H_1 \end{aligned}\right\}, \tag{4}$$

де $\alpha_0 = 90^0 - (\alpha + \beta)$;

H_1 - висота падіння плоду після відскоку.

Після виключення часу *t* будемо мати

$$y = x \cdot tg\alpha_0 - \frac{y \cdot x^2}{2u^2 \cos^2 \alpha_0}, \tag{5}$$

Диференціюючи в часі, одержимо

$$u_x = u \cdot \cos\alpha_0 \tag{6}$$

$$u_y = u \cdot \sin\alpha_0 - gt \tag{7}$$

Швидкість руху плоду по траєкторії дорівнює

$$u_{пл} = \sqrt{(u \cdot \cos\alpha_0)^2 + (u \cdot \sin\alpha_0 - gt)^2} \tag{8}$$

Визначимо найбільшу висоту відскоку плоду від похилої площини, необхідну для обґрунтування взаємного розташування похилих площин уловлювача. В найвищому положенні, тобто в точці 2, проекція швидкості на вертикальну вісь рівна нулю, тому із (8) одержимо:

$$u_{пл} = u_x = u\cos\alpha_0 \tag{9}$$

Враховуючи те, що вертикальна складова швидкості рівна нулю, час t_2 визначиться із умови $u\sin\alpha_0 - gt_2 = 0$, тобто

$$t_2 = \frac{u\sin\alpha_0}{g} \tag{10}$$

Із (4) враховуючи (10), одержимо найбільшу висоту відскоку плоду від похилої площини уловлювача:

$$h = \frac{u^2 \cdot \sin\alpha_0}{2g} \tag{11}$$

Для обгрунтування довжини похилої площини визначаємо дальність польоту плоду в точку 3 із врахуванням часу польоту

$$t_3 = \frac{u\sin\alpha_0 + \sqrt{u^2 \cdot \sin^2\alpha_0 + 2gH_1}}{g} \tag{12}$$

Тоді дальність польоту плоду в точку 3 буде рівною

$$L_3 = u\cos\alpha_0 \frac{u\sin\alpha_0 + \sqrt{u^2 \sin^2\alpha_0 + 2gh}}{g} \tag{13}$$

Висновок. Аналіз приведених аналітичних виразів і експериментальні дослідження дозволили визначити, що для плодів зерняткових культур при товщині енергопоглинаючого шару похилої площини 25...30 мм (поролон+меморативна тканина) оптимальна довжина похилої площини дорівнює 0,3...0,4 м при куті нахилу 12...16°.

Список використаних джерел

1. Selvi, G. T., Suthakar, B., Surendrakumar, A., & Ramasamy, K. Tree fruit harvesting: Recent developments and future challenges for robotic harvesting. Plant Science Today, 2025, 12(Sp. 3). DOI: https://doi.org/10.14719/pst.2488

2. Fu, K., Vougioukas, S. G., & Bailey, B. N. Computer-Aided Design and Optimization of a Multi-Level Fruit Catching System for Fresh-Market Fruit Harvesting. Computers and Electronics in Agriculture, 2024, 225, 109334. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.109334

УДК 631.358.1

АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕННЯ ПЛОДІВ ПРИ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗБИРАННІ

Деркач І.О., Деркач О.П.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У процесі збирання зерняткових плодів плодозбиральним комбайном вібраційної дії плоди можуть пошкоджуватися при проходженні через крону внаслідок зіткнення з елементами крони, від удару об приймальну поверхню уловлювача та від співударяння плодів один з одним на уловлювачі [1].

Кількість пошкоджених плодів на уловлювачі плодозбирального комбайна буде залежати як від конструкції самого уловлювача, так і від фізико-механічних властивостей певного помологічного сорту [2]. Щоб зменшити кількість пошкоджених плодів в процесі уловлювання, необхідно застосувати сорти, найбільш придатні для механізованого збирання плодів. При цьому конструкція самого уловлювача повинна зводити до мінімуму ймовірність пошкодження плодів.

Ймовірність пошкодження плодів на приймальній поверхні уловлювача дорівнює:

$$P_m = \frac{(\lambda F)^m}{m!} e^{-\lambda F}, \qquad (1)$$

де λ - середня щільність плодів в кроні;

F - площа ймовірного співудару плодів;

m - кількість плодів, що подаються на площу ймовірного співудару плодів.

Площа ймовірного співудару плодів дорівнює:

$$F = \frac{\pi(2d)^2}{4}, \qquad (2)$$

де *d* - діаметр плоду

Середню щільність плодів у кроні дерева визначимо із залежності:

$$\lambda = \frac{12Q}{\pi\gamma D^2 d^3}, \qquad (3)$$

де *Q* - урожайність плодів на одному дереві;

D - діаметр крони дерева;

d - діаметр плода.

Тоді математичне сподівання частки пошкоджених плодів буде дорівнювати

$$m' = 1 - e^{-\lambda F}, \qquad (4)$$

На рис.1 зображено графік залежності математичного сподівання частки пошкоджених плодів від урожайності на одному дереві.

Висновок**.** Аналіз представленої графічної залежності показує, що з ростом урожайності математичне сподівання частки пошкоджених плодів збільшується, тому для зменшення частки пошкоджених плодів при їх механізованому збиранні збільшують тривалість струшування дерева до 50…80 с і тим самим зменшують щільність потоку плодів, що падають або застосовують циклічний спосіб роботи струшувала, при цьому знімання плодів здійснюється за декілька прийомів. Перерви між струшуваннями необхідні для того, щоб плоди звільнили приймальну поверхню уловлювача. Експериментально підтверджено позитивний ефект такого способу збирання плодів.

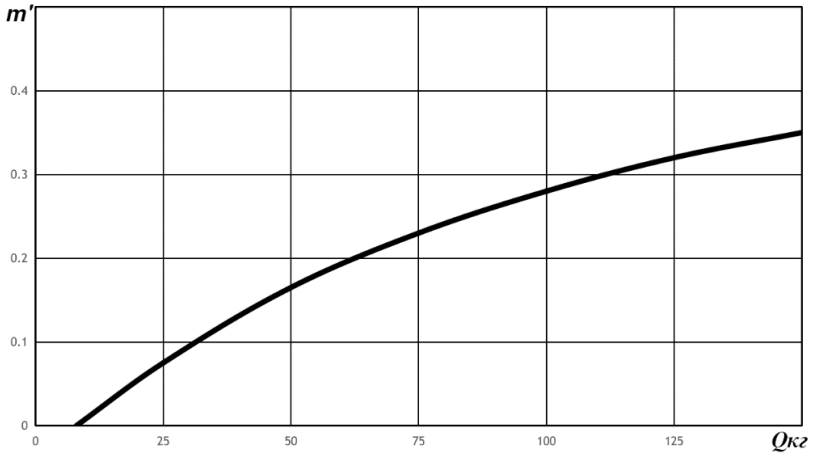


Рис. 1. Математичне сподівання частки плодів, що пошкоджуються на приймальній поверхні уловлювача, залежно від урожайності

Список використаних джерел

1. Hou J., Hu W., Wang W., Zhu H., Zhi R. Fruit vibration harvesting technology and its damage: a review. INMATEH – Agricultural Engineering.

2021. Vol. 63, № 1. P. 155–168. URL: https://api.inmateh.eu/public/uploads/63-16-N289-Hou-Junming0624f86c-1a84-4293-a0dd-df0c7d3b222c.pdf

2. Liu Y., Liu J., Zhao J., Wang F., Zhang H., Su X., Sun Y., Liu J. Effects of different excitation parameters on mechanized harvesting performance and postharvest quality of first-crop organic goji berries in saline–alkali land. Agriculture. 2025. Vol. 15, № 13. Art. 1377. URL: https://www.mdpi.com/2077-0472/15/13/1377/pdf

УДК 631.331.5

АНАЛІЗ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ СІВАЛОК ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Поліщук О.С.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Постановка проблеми. Сучасні тенденції розвитку сільського господарства характеризуються підвищеними вимогами до якості та точності виконання технологічних операцій, зокрема під час сівби культур. Від рівномірності розподілу насіння по площі та точності норми висіву залежить продуктивність сівби, використання ресурсів і кінцева урожайність. Традиційні конструкції висівних апаратів не завжди забезпечують необхідний рівень точності, особливо за зміни робочих швидкостей та умов поля. Це зумовлює потребу в удосконаленні конструкційних та експлуатаційних параметрів висівних апаратів.

Аналіз останніх досліджень. Проблеми підвищення ефективності сівби зернових культур досліджували вітчизняні та зарубіжні науковці, серед яких В.П. Горобець, О.М. Марченко, М.І. Гриценко, J. Griepentrog, H. Kutzbach. У працях відзначається, що найбільш поширеними є механічні та пневматичні висівні апарати, а також комбіновані системи. Механічні апарати відзначаються простотою та надійністю, однак мають обмежену точність, особливо на високих швидкостях. Пневматичні апарати забезпечують кращу рівномірність розподілу, але потребують більш складних енергетичних і технічних систем.

Мета досліджень. Аналіз основних типів висівних апаратів зернових сівалок, визначення їхніх переваг та недоліків, а також обґрунтування шляхів підвищення ефективності їх роботи з урахуванням сучасних технологічних рішень і вимог точного землеробства.

Результати досліджень. Основним робочим органом сівалок є висівний апарат. Залежно від принципу роботи та способу формування насіннєвого потоку розрізняють механічні та пневмомеханічні висівні

апарати. Залежно від елементів, за допомогою яких формується потік насіння, апарати бувають котушкові і дискові. Як котушки так і диски, які використовуються на сівалках різного призначення, мають конструктивні особливості. Так, наприклад, дискові апарати можуть бути з вертикальним і горизонтальним розташуванням дисків, з розташуванням зони заповнення чи присмоктування по боковій чи циліндричній поверхні.

Котушкові висівні апарати сучасних зернових сівалок, які обладнуються варіаторами для безступінчастого регулювання частоти обертання котушок у досить широкому діапазоні. При цьому відпадає потреба в зміні довжини робочої частини котушки, а отже, суттєво спрощується конструкція самого висівного апарата та з'являється можливість використання котушок з криволінійними ребрами та жолобками, а в окремих випадках і комбінованих котушок з різними розмірами, формою і співвідношенням ширини котушки, яку вони займають (рис. 1).

Рис. 1. Загальний вигляд котушок висівних апаратів

На сівалках з централізованим формуванням і дозуванням насіннєвого потоку котушки висівних апаратів повинні пропускати значно більше насіння, ніж апарати розглянуті вище. Тому, зазвичай, вони формуються шляхом набору на одному валу необхідної кількості простих котушок (рис. 2).

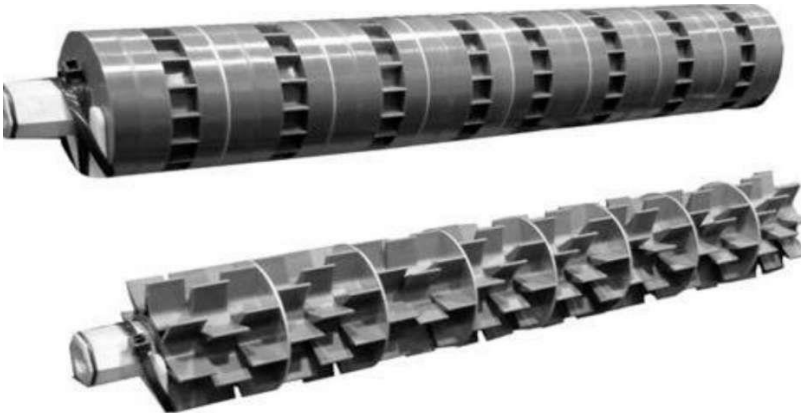


Рис. 2. Котушки апаратів централізованого висіву.

В певній мірі недооціненими залишаються внутрішньореберчасті висівні апарати (рис. 3).

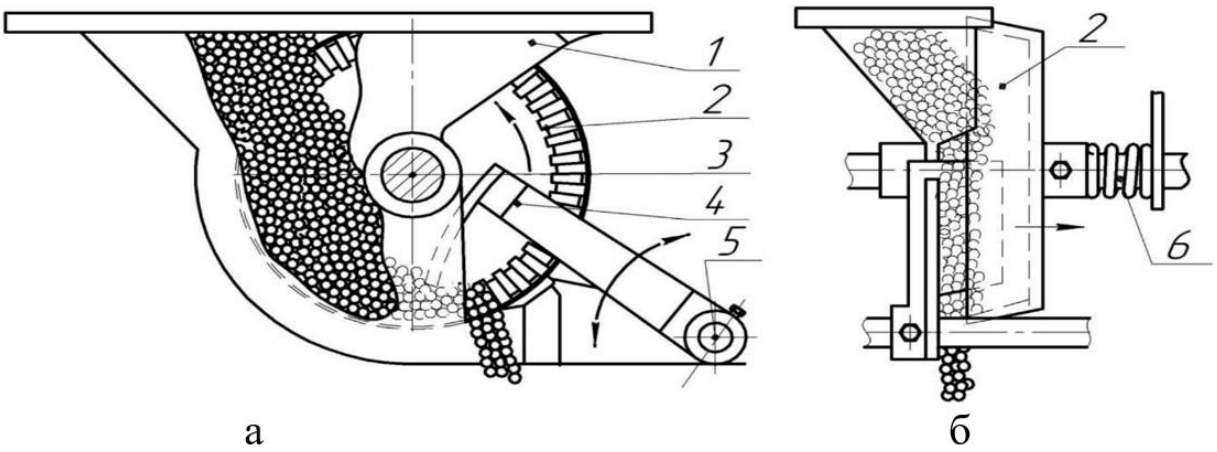


Рис. 3. Внутрішньореберчастий висівний апарат

На сівалках 1525Р фірми Great Plains для сівби насіння сої та сорго використовуються дискові висівні апарати SINGULATOR-PLUS (рис. 4).

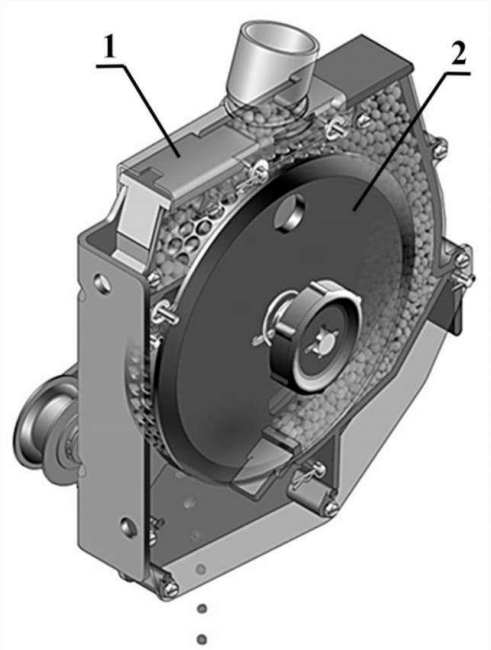


Рис. 4. Дисковий висівний апарат сівалки 1525 фірми Great Plains

Такі апарати також складаються зі штампованого корпусу 1 з відповідного призначення конструктивними елементами, всередині якого на приводному валу встановлений диск 2 з комірками.

Аналіз показує, що:

- механічні апарати є економічно доступними та енергоощадними, але мають нижчу точність висіву, що обмежує їх ефективність у високопродуктивних технологіях.

- пневматичні апарати забезпечують високу рівномірність розподілу насіння та менший відсоток пошкодження посівного матеріалу, проте відзначаються складністю конструкції та потребою в стабільному джерелі енергії.

Висновок. Комплексний підхід до вибору, налаштування та модернізації висівних апаратів є ключовим фактором підвищення ефективності сівби. Використання сучасних технологій — електроприводів, систем контролю норми висіву, автоматизації та точного землеробства — дозволяє значно зменшити витрати насіння, забезпечити рівномірність розподілу та підвищити урожайність.

Список використаних джерел

1. Горобець В.П. Машини для сівби зернових культур. Київ: Аграрна наука, 2018. 256 с.

2. Марченко О.М., Гриценко М.І. Технічне забезпечення точного землеробства. Харків: ХНАУ, 2020. 312 с.

3. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. За редакцією *В. Сала*. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.: іл. ISBN 978-617-7813-62-9

4. Griepentrog J., Kutzbach H. Precision seeders and their impact on crop establishment. // Agricultural Engineering Research, 2021. Vol. 14. P. 45–59.

УДК 633.83:631.527.22

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ РИЦИНИ

Головченко В.В., Алієв Е.Б., Теслюк Г.В.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Ефективне відокремлення та очищення насіння рицини є ключовим етапом у виробництві насіннєвого матеріалу високої якості. Недосконалість існуючих методів механічного очищення призводить до втрат насіння та зниження його посівних властивостей [1]. Тому актуальним є проведення експериментальних досліджень для оптимізації процесів сепарації та очищення насіння рицини у насіннєвому виробництві.

Аналіз останніх досліджень. У виробництві насіннєвого матеріалу рицини особлива увага приділяється процесу відокремлення насіння від плоду та його подальшого очищення. Дослідження [2] показують, що якість насіння значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей плодів і насіння, таких як форма, розмір, маса та вологість. Використання

механізованого обладнання для відокремлення і очищення насіння рицини дозволяє підвищити продуктивність процесу [3]. Проте більшість існуючих технологій недостатньо адаптовані до специфіки рицини, що потребує додаткових експериментальних досліджень. Закордонні дослідження [4–5] підкреслюють важливість комплексного підходу, поєднуючи оптимізацію параметрів обладнання, режимів обробки та автоматизований контроль якості. В Україні впровадження таких технологій у насіннєвому виробництві обмежене, що створює наукову та практичну необхідність розробки спеціалізованих методик.

Мета досліджень: розробка, апробація і дослідження машини для очищення насіння рицини, що дозволить визначити вплив основних конструктивно-технологічних параметрів на продуктивність, якість очищення, енергоспоживання та оптимізувати режими її роботи для підвищення ефективності виробничого процесу

Результати досліджень. Стенд для дослідження машини очищення насіння рицини (рис. 1) призначений для експериментального вивчення процесу відокремлення насіння від плодів та очищення його від домішок із подальшим розділенням на фракції. Конструктивно стенд являє собою систему вузлів, закріплених на жорсткій станині для забезпечення стійкості під час роботи. Сировина подається через бункер у вузол відокремлення насіння, основними елементами якого є дробильні та зворотні конуси з регульованим зазором (рис. 2). Обертання механізму здійснюється через ексцентриковий вал від електродвигуна з редуктором і ремінною передачею, а синхронізація руху вузлів – ланцюговою передачею.

Після механічного розділення суміш надходить у систему аеродинамічного очищення, що включає пневмосепаруючий канал, вентилятор і циклон. Тут частинки поділяються за аеродинамічними властивостями: легкі домішки і пил відокремлюються від важчих фракцій, які збираються у відповідних забірниках разом із насінням, нерозлущеними плодами та дрібними частинками.

В результаті експериментальних досліджень процесу відокремлення і очищення насіння рицини отримані залежності продуктивності розробленої машини Q, споживаної потужності P, питомих витрат електроенергії E, частки нерозлущених плодів (сегментів) ξ_f, вмісту ліквідного насіння у забірнику $\psi_{s\text{-}s}$ від відстані між зворотнім і дробильним конусами δ, частоти обертання дробильного конусу n і швидкості повітряного потоку V:

$$Q = -110{,}281 + 1{,}43903\,n - 0{,}00224805\,n^2 + 4{,}93852\,\delta - 0{,}0568829\,\delta^2, \quad (1)$$

$$P = 1315{,}67 + 0{,}002832\,n^2 + 92{,}475\,V + 1{,}03625\,n - 0{,}037125\,\delta\,n - 17{,}6425\,\delta, \quad (2)$$

$$E = 0{,}132427 + 9{,}0958\cdot10^{-7}\,n^2 + 0{,}00194495\,V - 0{,}000501753\,n - 1{,}37791\cdot10^{-6}\,\delta\,n - 0{,}00331736\,\delta + 0{,}000079015\,\delta^2, \quad (3)$$

$$\xi_f = 0{,}5507 + 6{,}130\cdot10^{-6}\,n^2 - 0{,}003653\,n + 9{,}25\cdot10^{-6}\,\delta\,n + 0{,}008915\,\delta - 0{,}0002852\,\delta^2. \quad (4)$$

$$\psi_{s\text{-}s} = 0{,}66582 - 1.66417\cdot10^{-6}\,n^2 + 0{,}000677083\,V^2 + 0{,}0012543\,n -$$

$$- 0{,}00001909\,\delta\,n - 0{,}00380917\,V + 0{,}000125\,\delta\,V + 0{,}0143342\,\delta - 0{,}000216417\,\delta^2. \quad (5)$$

Рис. 1 Стенд для дослідження машини для очищення насіння рицини: 1 – станина; 2 – система відокремлення насінин рицини від плодів; 3 – завантажувальний бункер; 4 – система аеродинамічного очищення; 5 – пневмосепаруючий канал; 6 – циклон; 7 – відцентровий вентилятор; 8 – електродвигун вентилятора; 9 – основний електродвигун; 10 – забірник насіння; 11 – забірник нерозлущених плодів; 12 – забірник частинок коробочок; 13 – забірник дрібних частинок і пилу; 14 – блок керування; 15 – частотний перетворювач Danfoss Micro Drive

Рис. 2 Окремі елементи стенду для дослідження машини для очищення насіння рицини: 1 – зворотній конус; 2 – дробильний конус; 3 – корпус із внутрішньою футеровою; 4 – регулювальний гвинт; 5 – зірочка; 6 – ланцюг; 7 – зовнішня футеровка; 8 – розподільник; 9 – конусний ексцентриковий стакан-вал; 10 – кутовий редуктор; 11 – ведений шків; 12 – ведучий шків; 13 – ремінь; 14 – основний електродвигун

Висновок. Застосування методу скалярного ранжування з мінімізацією мультиплікативної функції в середовищі Wolfram Cloud дало змогу встановити оптимальні поєднання значень факторів (δ = 10,8 мм; n = 282 об/хв; V = 3,6 м/с), які забезпечують максимальну ефективність процесу, з урахуванням сукупності технологічних (якісних) і енергетичних критеріїв (E = 0,0394 МДж/кг; Q =163,4 кг/год; P = 1861 Вт; ξ_f = 0,099; $\psi_{s\text{-}s}$ = 0,958). Отримані результати підтверджують доцільність подальшого впровадження запропонованої конструкції машини для очищення насіння рицини у виробничу практику.

Список використаних джерел

1. Pari L., Latterini F., Stefanoni W. (2020). Herbaceous Oil Crops, a Review on Mechanical Harvesting State of the Art. Agriculture, 10: 309.

2. Дідур В.В. (2020). Механіко-технологічні основи глибокої переробки насіння рицини в умовах малотоннажного підприємства: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Мелітополь. 504 с.

3. Журавель Д.П. (2023). Обґрунтування технологічного процесу обрушення насіння рицини для потреб кормовиробництва. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві: XI Міжнародна науково-технічна конференція, смт Глеваха Київської області – м. Київ, Україна, 2-20 жовтня 2023 року: матеріали конференції. Глеваха-Київ, 70-72.

4. Hou J.M., Bai J.B., He T. (2018). Design and Experiment of Castor Dehulling and Cleaning Device with Double Curved Table. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach, 49: 139–147.

5. Hou J.M., Yao E.C., Li J.P. (2020). Motion Analysis and Experiment on Shelling Process of Kneading and Pressing Castor Shelling Machine. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach, 51: 220–232.

УДК 631.363.2

КУТ ПОПЕРЕДНЬОГО СТИСНЕННЯ ТРАВЯНОЇ МАСИ У РІЗАЛЬНІЙ ПАРІ БІТЕРНО-НОЖОВОГО АПАРАТА

Холодюк О.В.
Вінницький національний аграрний університет
Кузьменко В.Ф.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. У загальному виді робота, що витрачається на подрібнення трав’яної маси, включає витрати роботи на подрібнення (захоплення, стискання, різання, тертя), транспортування по каналу і подачу

листостеблової маси в кузов чи камеру пресування, а також витрати роботи на холостий хід робочих органів [1, 2, 3]. Характерною особливістю бітерно-ножового апарату є те, що для захоплення, стискання, розрізання порції листостеблової маси і протягування її крізь формуючий канал потрібно створити достатній крутний момент на живильному роторі подрібнювального апарату [4]. Тому для об'єктивної оцінки питомої енергоємності процесу подрібнення трав'яної маси необхідно встановити момент від усіх складових зусиль живильного ротора подрібнювального апарату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Встановлено, що сьогодні універсальної залежності визначення загального зусилля різання листостеблової маси чи, крутного моменту на валу не вдається [4, 5]. Тому, в більшості випадків, руйнуюче зусилля, крутний момент на валу подрібнювального апарату чи роботу різання для кожного подрібнювача необхідно визначати індивідуально, враховуючи вид різання, конструкційні особливості різальної пари, їхні режимні параметри роботи та властивості матеріалу.

У роботі [5] розглянуто процес захоплення, стискання маси і її подачу у кільцевий канал пальцями живильного ротора подрібнювального апарата. Встановлено залежність горизонтальної складової швидкості обертання пальця ротора від кута його повороту. Зазначено, що робота живильного ротора можлива в трьох режимах, а саме: із згружуванням маси; проміжний і з розтягуванням потоку маси. Виходячи з умов надійності протікання технологічного процесу режим роботи живильного ротора із розтягуванням потоку маси, більш доцільний.

Мета досліджень. Метою роботи є встановлення аналітичної залежності зміни кута повороту пальців живильного ротора подрібнювального апарата у зоні стискання трав'яної маси.

Результати досліджень. Складовими процесу подрібнення бітерно-ножовим апаратом є: захоплення, стискання маси та її подача у кільцевий канал; транспортування маси по каналу до дискових ножів; різання маси; проштовхування різаної маси по каналу.

По мірі наближення порції трав'яної маси до дискового ножа відбувається подальше її ущільнення до моменту початку різання. Встановимо значення кута α за якого дисковий ніж починає чини опір руху маси, що знаходиться між пальцями в одній площині різання. Схема до визначення крутного моменту на валу ротора на етапі різання маси наведено на рис. 1.

З рисунка 1 кут α повороту ротора становитиме

$$\alpha = 0{,}5\pi - \left(\Delta - \left(\lambda - \lambda_{\min}\right)\right) = 0{,}5\pi + \lambda - \left(\Delta + \lambda_{\min}\right), \qquad (1)$$

де λ – кут, який характеризує місце встановлення дискового ножа; Δ – кут між двома сусідніми рядами пальців в одній площині різання, рад. $\Delta = 2\pi/i$;

i – кількість пар пальців, які знаходяться в одній площині різання на 2π.

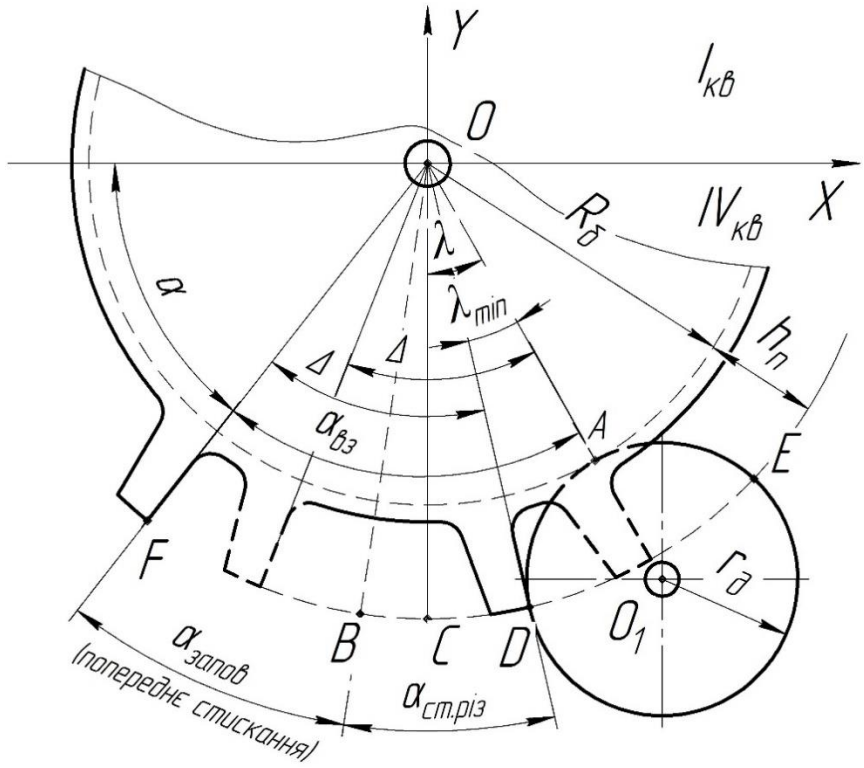


Рис. 1. Схема до визначення крутного моменту на валу ротора до початку різання трав'яної маси

За умови коли $\lambda = \lambda_{min}$ (точка D суміщається із точкою C) залежність (1) набуває виразу

$$\alpha = 0{,}5\pi - \Delta .$$

В першому наближенні збільшення зусилля $P_{пст}$ на пальці, в залежності від кута повороту ротора можемо представити як лінійну функцію, а саме

$$P_{пст} = \rho \cdot \alpha_{запов}, \qquad (3)$$

де ρ – коефіцієнт збільшення зусилля, Н/рад. За даними [6] коефіцієнт збільшення опору ρ = 1-2 Н/рад.

З положення, що визначається кутом α (рис. 1), на пальці буде виникати зусилля пов'язане із опором маси на дисковому ножі. Маса буде частково стискатися, перерозподілятися в зоні роботи пальця (кільцевий канал шириною l_p і висотою h_n). Це відбуватиметься доки не станеться повне заповнення каналу стебловою масою до досягнення $k_1 \approx 1$. Вказаний сектор на рис. 1 представлений зоною каналу з дугою FB. Величина кута заповнення каналу – $\alpha_{запов}$, що розташовується між радіусами OF та OB визначається

$$\alpha_{запов} = \Delta(1 - k_1). \qquad (4)$$

В зоні, що характеризується дугою *BD* (рис. 1) відбуватиметься стискання маси до виникнення на дисковому ножі напружень, що призводять до її різання та подальшого різання маси без збільшення величини напружень.

Висновок. Одержана аналітична залежність (4) дозволяє встановити зміну кута повороту пальців живильного ротора подрібнювального апарата у зоні стискання трав'яної маси та розрахувати зміну зусилля її стискання, крутний момент на валу живильного ротора до початку різання та витрати енергії.

Список використаних джерел

1. Машини та обладнання для тваринництва : Підручник. / Ревенко І.І. та ін. К.: ЦП «Компринт», 2018. 567 с.

2. Хомик Н.І. Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1 / Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.

3. Кузьменко В.Ф., Максіменко В.В., Холодюк О.В. Розвиток засобів механізації кормовиробництва. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб. 2020. № 12 (111). С. 91-101.

4. Kholodiuk O.V., Gunko I.V., Kuzmenko V.F. Theoretical study of the change of the torque on the shaft of the feeding rotor of the shredding machine during the capture and compression of the grass mass. *Agricultural engineering*. 2022. Vol. 54. С. 73-91.

5. Цизь І.Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2016. 172 с.

УДК 631.358

ПРИДАТНІСТЬ САДІВ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХА ДО МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Крупич С.О.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН
Крупич О.М., Семен Я.В., Семен О.Я.
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького
Думич В.В.
Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого

Зростання площ садів та зменшення наявності робочої сили вимагає механізацію технологічних процесів збирання плодів [1, 2]. Для збирання

врожаю механізованим способом необхідно розглядати систему "дерево – плодозбиральна машина (засіб)" [1-3].

Основним об'єктом виступає дерево, де в першу чергу визначають можливість механізованого збирання, якщо ні – плоди збирають вручну. Для підвищення продуктивності ручного збирання можлива часткова механізація (механізовано виконуються окремі технологічні операції технологічного процесу збирання, наприклад, струшування, вловлювання, затарювання). Для частково механізованого способу використовуються садові платформи, струшувачі, підбирачі або вловлювачі, відповідно до технологічних операцій збирання. Механізований спосіб передбачає виконання всіх технологічних операцій: струшування, вловлювання, затарювання (плодозбиральні машини чи комбайни) .

Основними показниками придатності дерев і плодів до механізованого збирання та вибору технічних засобів:

– пошкодження плодів під час збирання і наступний спосіб використання: переробка чи довготривале зберігання. Наприклад, волоські горіхи не пошкоджуються тому придатні для довготривалого зберігання, але потребують додаткової обробки перед закладкою на зберігання (очистка від оплодня, миття та сушка);

– зусилля відриву плодів від плодової гілки, чим вони вищі тим більші зусилля треба прикладати. Залежать від особливостей кріплення самого плода через плодоніжку до плодової гілки. Плоди під час збирання можуть відриватися від плодоніжки або разом з плодоніжкою від гілки.

Волоський горіх має свої особливості достигання. Ядро вже достигає коли горіх знаходиться в оплодні і повне достигання настає на стадії розкриття оплодня. Під час механізованого збирання горіхи можуть збиратися в оплодні або без нього за рахунок нерівномірного достигання на гілці упродовж всього збирального періоду, що триває біля одного місяця.

– пошкодження кори дерева в місці передачі збурювальних зусиль (штамба, центрального провідника, скелетної гілки). Для волоського горіха можливе пошкодження всіх трьох елементів, бо з віком змінюється місце прикладання збурювальних зусиль: штамба в молодому віці (10-15 років), центрального провідника – середній вік (15-25 років), скелетна гілка – старші дерева (більше 25 років). Більш точніше місце прикладання і вік залежать від механіко-технологічних властивостей елементів дерева.

– механіко-технологічні властивості елементів дерева якому передаються збурювальні зусилля (штамба, центрального провідника, скелетної гілки).

До них відносяться: зведений (приведена) коефіцієнт жорсткості (Н/мм); частота вільних коливань (рад/с); коефіцієнт згасання коливань; зведена маса (кг); коефіцієнт в'язкого опору (Нс/м). Всі перераховані параметри залежні між собою

Перераховані показниками придатності дерев і плодів до механізованого збирання визначають критерії вибору плодозбиральних машин (засобів):

– параметри захвату, для захоплення елементів відповідних діаметрів штамбів, центральних провідників чи скелетних гілок (величина розведення затискних елементів) і використання еластичних елементів для уникнення чи зменшення пошкоджень;

– частота струшування, критерій, що відноситься до збурювачів коливань інерційного чи дебалансного типу, що можуть діяти на штамби, центральні провідники чи скелетні гілки дерев. Інерційні приводяться в дію кривошипно-повзунними механізмами, дебалансні – обертовий рух незрівноважених мас. Особливість даних струшувачів – пристосовуються до механіко-технологічних властивостей елементів дерева. Середня робоча частота струшування становить 10 – 20 Гц, але вона суттєво залежить від зведеного коефіцієнта жорскості, зведеної маси, коефіцієнта в'язкого опору елементів дерева в місці передачі збурювальних зусиль.

– амплітуда коливань струшувача, залежить від вихитування штамбів і пошкодження кореневої системи. Робоча амплітуда струшувача коливається в межах 25 – 50 мм. Для роботи струшувачів має значення амплітуда коливань елементів дерева, що зумовлена роботою інерційних та дебалансних збурювачів коливань.

– збурювальні зусилля, що генеруються першою частотою (вібрація) чи другою частотою (ударом) або бігармонічні коливання (віброудар). Збурювальні зусилля генерують прискорення елементів дерева, що передаються до точок звисання плодів і забезпечують їх відрив. Тобто збурювачі коливань вібраційної, ударної чи віброударної дії мають генерувати агротехнічно необхідні прискорення, що забезпечують більше 95% повноти знімання. Збурювальні зусилля залежать амплітудно-частотної характеристики роботи збурювача коливань.

Критерії перевірки роботи: повнота знімання (95%), пошкодження елементів дерева (зменшення врожайності дерев у наступні роки), негативний вплив на людину, що обслуговує збиральні засоби.

Класифікація плодозбиральних засобів:

– ручні, монтовані, самохідні;

– за приводом: пневматичний, гідравлічний, двигуни внутрішнього згоряння, від валу відбору потужності трактора.

– за типом збурювача коливань: постійного зміщення, інерційні з кривошипно-шатунним чи дебалансним механізмами;

– за типом збурених коливань: вібраційного, ударного, віброударного;

– за способом начіпки збурювача коливань: турельні струшувачі, вільна підвіска збурювача коливань (наприклад на ланцюгах), паралелограмна;

– за місцем передечі збурювальних зусиль: штамбові (передача збурювальних зусиль штамбам дерева), центральним провідникам (фронтальні з використанням висувної стріли на якій навішено збурювач коливань), скелетним гілкам;

– штангові чи тросові.

Висновок. Плодозбиральні машини та засоби можуть використовуватися для збирання плодів, але з врахуванням параметрів насаджень: доступ до дерев; вік дерев, що обумовлює розміри елементів дерева: діаметр крони; діаметри штамбів, центральних провідників чи скелетних гілок першого і вищих порядків та їх фізико-механічні властивості; висота штамбів та центральних провідників; довжина скелетних гілок. Розмірні параметри елементів дерева необхідно регулювати обрізкою крони.

Список використаних джерел

1. Бабенко А. Є., Демидко М. О., Бабій В. П., Дмитрюк О. П. Довідник з механізації садівництва. 2-е вид. Київ: Урожай, 1992. 261 с.

2. Крупич Р. О., Шевчук Р. С., Крупич О. М. Методика вибору способу збирання плодів. *Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільський територій*: матеріали міжнар. наук.-практ. форуму (Дубляни, 18-21 вересня 2012 р.). Львів: ПП „Арал“, 2012. С. 4 – 15.

3. Крупич Р. О. Розширення технологічних можливостей ручних струшувачів плодів. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження*. Львів, 2014. №18. С. 61 – 68.

УДК 631.3.001

КОМБІНОВАНИЙ ЧИЗЕЛЬНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ГРУНТУ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ

Герук С.М.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Картопля давно посідає одне з перших місць серед сільськогосподарських культур за універсальністю використання в народному господарстві. Важливе значення для збільшення виробництва продукції цієї культури має система обробітку ґрунту, завданням якої є поліпшення водно-повітряного, теплового і поживного режимів, а також боротьба з бур’янами, шкідниками та хворобами.

Метою наших досліджень було встановлення впливу способів передсадивного обробітку на формування водно-фізичних властивостей ґрунту, забур'яненість посіву, її динаміку та структуру біологічних видів бур'янів, якість врожаю, урожайність і економічну й енергетичну ефективність.

Безвідвальний обробіток ґрунту у певних випадках і є одним із напрямків у вирішенні поставлених проблем. Розпушування без відвалу пласта здійснюють чизельні плуги. Агротехнічна оцінка чизельних плугів у різних зонах країни показала, що ці знаряддя забезпечують накопичення вологи, сприяють розущільненню орного горизонту, позитивно впливають на агрофізичні властивості грунтів. На зрошуваних землях чизелювання підвищує фільтрацію поливної води та знижує засоленість ґрунтів. Все це позитивно впливає на урожайность, підвищення продуктивності машин та зниження витрат пального.

Безвідвальний обробіток грунту з залишенням на поверхні пожнивних і рослинних залишків і виносом на верхній (0...5 см) шар більших за грунтові фракції добре захищає грунт як від вітрової, так і від водної ерозії, що дозволяє призупинити ерозійні процеси.

Аналіз досліджень, випробувань та господарського досвіду застосування комбінованих агрегатів для передсадивної підготовки ґрунту та посіву, показав, що вони дозволяють зменшити трудові та грошові витрати, раціонально завантажувати енергонасичені трактори, зменшити ущільнення ґрунту перед посівом і підвищити врожайність сільськогосподарських культур в результаті скорочення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів. Такі агрегати найбільш перспективні при обробітку ґрунту під просапні та зернові культури .

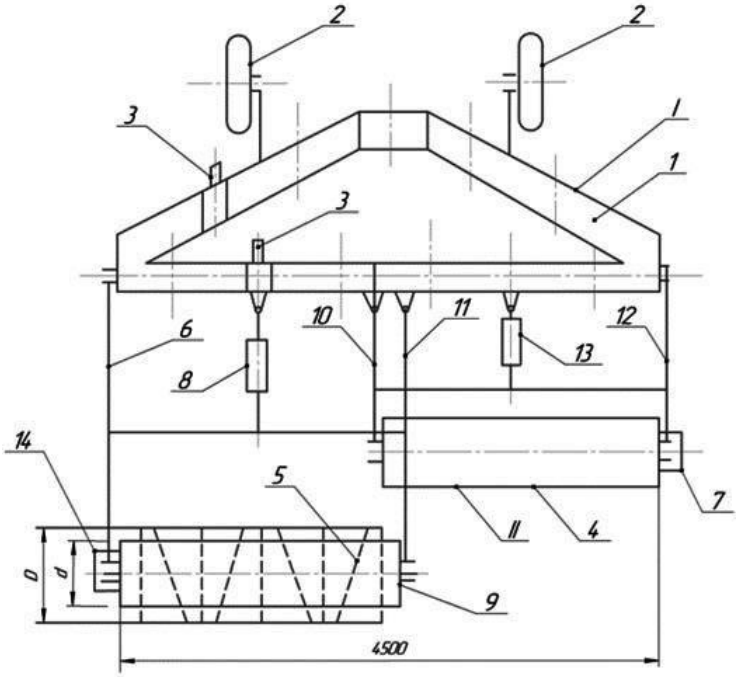


Рис. 1. Комбінований ґрунтообробний агрегат

Авторами [1] розроблено комбінований ґрунтообробний агрегат (рис. 1), що складається з чизельного плуга ПЧ-4,5 (I) та пристосування для поверхневого обробітку ґрунту (II). Чизельний плуг складається з рами 1, опорних коліс 2 і стійок-розпушувачів 3 зі стрілчастими або долотоподібними лапами. Розпушувач (I) являє собою барабани 4 і 9 із зубовими елементами 5, закріпленими шарнірно на підвісках 6, 10, 11 і 12 до рами чизельного плуга. Для приводу барабанів використані гідромотори 7, а для створення необхідного питомого тиску на ґрунт - натискні штанги 8 і 13. Робочими органами пристосування є зуби різної довжини, розміщені в площини еліпса під кутами в поздовжньому і поперечному напрямі в певній послідовності.

Чизельні лапи (розставлені на відстані 350...450 мм) обробляють грунт на глибину до 0,45 м, зрушують його, крошать, створюючи аерацію грунту і сприятливі умови для розвитку корневої системи рослин. Попередньо деформований шар грунту, маючи меншу твердість, добре піддається подальшому крошінню ротаційним зубовим розпушувачем, який в процесі взаємодії з грунтом забезпечує його якісне кришіння, вичісує бур'яни, розпушує і вирівнює поверхню перед посівом. В порівнянні з фрезою зуби не відрізують стружки грунту, а тільки інтенсивно змізерніють верхній посівний шар. Розташування зубів під кутом β підвищує закладення рослинних залишків, виключає забивання, веде до часткового обороту площини еліпса під кутами в подовжньому і поперечному напрямі у визначеній послідовності.

Діаметр барабану вибираємо із співвідношення $l_б \leq 2\pi r$, де $l_б$ – довжина стебла бур'яну, r - радіус барабана. Щоб розпушування ґрунту по глибині відбувалося рівномірно і в нижній частині оброблюваного шару зуби розпушувача утворювали гребені висотою не більше $h \leq \frac{a}{2}$, необхідно, щоб зуби розташовувалися на відстані S.

$$S=2h\mathrm{tg}\frac{\theta}{2}= a\mathrm{tg}\frac{\theta}{2}$$

де а - глибина обробітку; Ѳ – кут сколювання грунту

Раціональні параметри зубового поля вибираємо за класом важких борін, для яких S = 0,05...0,075 м, а глибина розпушування відповідно до агротехнічних вимог $h_{рих}$= 0,05...0,08 м. Кут установки зубів за напрямом руху β з умови ковзання ґрунту по поверхні зубів, щоб уникнути забивання ґрунтом і бур'янами, з урахуванням зон розпушування знаходиться в межах β = 30...40°.

Для забезпечення активного розпушування грунту за рахунок поперемінного зсуву в різні сторони і вирівнювання поверхні великі осі еліпсів розташовані відносно один одного під кутом 45°. З метою кращого копіювання рельєфу розпушувач виготовлений з двох секцій по 2,3 м кожна. Привід секцій розпушувача здійснюється за допомогою гідромоторів, що дозволяє йому вільно копіювати поверхню грунту і оперативно регулювати

процес розпушування, змінюючи швидкість в процесі розпушування. Для визначення енергетичних показників агрегату проведено тензометрування параметрів у реальних польових умовах. Тип ґрунту середній суглинок, вологість - 19...21%.

Спостереження за розвитком картоплі після обробітку ґрунту різними знаряддями свідчать, що коренева система та стебла сорту Огонек розвинені значно краще на полі, обробленому комбінованим агрегатом (ПЧ+Р), порівняно із звичайною ораною (ПЛН), а урожайність на дослідних ділянках була вищою на 30%

Висновок. Таким чином очевидною альтернативою основного обробітку у вигляді оранки є чизельний обробіток, який дозволяє не тільки збільшити продуктивність операції та знизити витрати пального на 50% але й зруйнувати ущільнену плужну підошву. Такий спосіб обробітку руйнує ущільнену підорну «підошву», сприяє покращенню водного і повітряного режимів ґрунту, знижує ерозію ґрунтів, забезпечує проникнення коріння рослин у нижні горизонти, суттєво покращує інфільтраційні властивості.

Запропоноване пристосування для поверхневого обробітку грунту дозволяє якісно розпушувати середні та верхні шари ґрунту та забезпечити в розпушеному горизонті оптимальні умови щільності, волого- та повітропроникності.

Список використаних джерел

1. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2006. – 730 с.

2. Алексеєв І.В. Індустріальна технологія виробництва картоплі / І.В. Алексеєв, А.С. Мороз, Р.М. Романів, І.Б. Хома. Львів: «Бескид Біт», 2003. – 152 с.

3. Операційна технологія виробництва картоплі / В.І.Дзюба, В.Г.Батюта, В.С.Куценко та ін.; За ред. В.І.Дзюби, В.Г.Батюти.: - К.: Урожай, 1987. - 200 с., іл. 5

4. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. – Немішаєве: Українська академія аграрних наук, Інститут картоплярства, 2002. – 184 с

5. Коленда О. Продуктивність картоплі залежно від способів основного обробітку ґрунту / О. Коленда // Актуальні проблеми аграрного виробництва: теорія, дослідження, практика: Матеріали Міжнародної студентської наукової конференції: Наук. видан. Львів: ЛДАУ, 2002. С. 52-54.

6. Лищук С.С. Довідник картопляра/ С.С. Лищук, С.С. Моспан. – Ужгород: Карпати. – 1987. – 202 с.

7. https://www.agronom.com.ua/produktyvnist-kartopli-zalezhno-vid-peredsadyvnogo-obrobitku-gruntu/

8. http://repository.lnau.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/600/1/Voynirovych_bach.pdf

УДК 631.3

ДИНАМІКА НАВАНТАЖЕНЬ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ЗМІНІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЗАСОБУ

Артьомов М.П., Пушкаренко О.Ю.
Державний біотехнологічний університет
Пастушенко С.І.
Бережанський агротехнічний інститут

Постановка проблеми. Ефективність експлуатації тракторів при виконанні тягових технологічних операцій значною мірою залежить від її основних конструктивно-енергетичних параметрів. Більшість енергетичних витрат при виконанні технологічних операцій машинно-тракторним агрегатом (МТА) спрямовуються як на реалізацію основного технологічного процесу, так і на компенсацію динамічних явищ, які виникають у такій механічній системі. Коливання поздовжніх лінійних прискорень під час руху викликають додаткові втрати, зумовлені наявністю зміни миттєвої потужності машини відносно її середнього значення, що негативно впливає на стабільність тягового режиму.

Аналіз останніх досліджень. Освоєння енергозберігаючих технологій виробництва продукції рослинництва є одним з пріоритетних напрямів розвитку сфери АПК. Розробка методів енергетичної оцінки технологій та зниження енерговитрат МТА є першочерговими задачами за актуальністю[1-3].

Динамічні властивості тракторів визначаються потужністю двигуна та її витратами на подолання зовнішніх та внутрішніх опорів.

Для забезпечення паливної економічності дизельного двигуна в широкому діапазоні навантажень застосовується комплекс технічних рішень, спрямованих на оптимізацію робочих процесів. Зокрема, підвищення ефективності згоряння досягається шляхом удосконалення системи подачі палива та регулювання кількості активних циліндрів залежно від режиму роботи двигуна.

Основним показником економічності є питома ефективна витрата палива (Brake-Specific Fuel Consumption, BSFC), що характеризує масу палива, споживаного за одиницю часу на одиницю розвиваної потужності. Як правило, зона найменшої питомої витрати формується поблизу номінального крутного моменту при середніх обертах, тоді як у режимах

низького навантаження (мала потужність, холостий хід) значення BSFC істотно зростає[4].

Мета досліджень. Дослідження динаміки та енергоефективності сільськогосподарських агрегатів дозволяє встановити вплив схеми агрегатування, кінематичних, силових параметрів і енергетичних витрат при зміні технічного стану.

Результати досліджень. Для забезпечення належного рівня працездатності та підвищення якості виконання агротехнічних операцій машинно-тракторний агрегат (МТА) повинен характеризуватися відповідними показниками експлуатаційної потужності та маси. Вказані параметри визначають ступінь енергонасиченості агрегату, його тягово-зчіпні властивості, паливно-економічні показники та інші експлуатаційно-технічні характеристики, що формують основні критерії ефективності функціонування мобільного сільськогосподарського агрегату.

Важливий вплив на загальну ефективність трактора справляють також показники його надійності, універсальності та здатності агрегатуватися з різними типами сільськогосподарських знарядь.

З метою визначення необхідної працездатності розглянемо баланс потужності МТА, що представляє собою рівняння, з якого видно, як витрачається потужність, що розвивається двигуном

$$N_e = N_{TP} + N_\delta + N_f \pm N_\alpha \pm N_j + N_{KP} + N_{ПР} + N_{ВВП}. \qquad (1)$$

До правої частини рівняння відносяться показники витрат потужності на забезпечення ефективної роботи агрегату: N_{TP} - механічні втрати у трансмісії, кВт; N_δ - на буксування ведучих коліс, кВт; N_f - на подолання опору коченню, кВт; N_α - на подолання підйомів, кВт; N_j - на зміну швидкості руху машинно-тракторного агрегата, кВт; N_{KP} - на тягу робочих машин приєднаних до крюка енергозасобу, кВт; $N_{ПР}$ - механічні втрати у приводі валу відбору потужності (ВВП), кВт; $N_{ВВП}$ - на привід механізмів, що приєднуються до ВВП, кВт. Розкриємо всі складові що входять до розрахунку балансу потужності та запишемо формулу для максимально необхідної потужності в роботі агрегата.

Максимальна потужність нам потрібна на подолання підйомів, тому всі втрати потужності додаються :

$$\frac{P_P V_T}{3{,}6\eta_\delta} = \frac{P_P V_T}{3{,}6\eta_{TP}\eta_\delta}(1-\eta_{TP}) + P_P V_T \delta + \frac{fG\cos\alpha V_T}{3{,}6} + \frac{G\sin\alpha V_T}{3{,}6} + GV_T\frac{dV}{dt} + \\ + \frac{[P_P - (P_f - P_\alpha)]V_T}{3{,}6} + \frac{P_P V_T}{3{,}6\eta_{TP}\eta_\delta}(1-\eta_{TP})(1-\eta_{BB}) + \frac{P_P V_T}{3{,}6\eta_{TP}\eta_\delta}\eta_{TP}\eta_{ВВП} \qquad (2)$$

Під час рівномірного руху, який характеризується сталою миттєвою швидкістю, потужність, що розвивається двигуном, повністю витрачається на подолання сумарних сил опору руху. У цьому режимі тягова сила, реалізована на ведучих колесах, у кожний момент часу є рівновеликою сумі

всіх складових опору. Таким чином, прискорення машини дорівнює нулю, що свідчить про досягнення динамічної рівноваги між рушійною силою та опору.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{P_P - \sum P_{оп}}{m_1 + m_2} = 0 \qquad (3)$$

Рух МТА, як механічної системи, є визначеним, якщо відомі сили, що на нього впливають і початкові умови руху. Однак між тим, в реальних умовах поряд з основними факторами завжди існують додаткові випадкові збурюючі сили, які виводять систему із стану усталеного руху. Існують два різновиди сталого руху механічних систем (до яких ми відносимо МТА). У першому з них початкові збурення упродовж певного часу асимптотично зменшуються до нуля і зникають; у цьому випадку рух МТА є асимптотично сталим. У другому випадку збурення, залишаючись малим, повністю не зникає, така сталість визначається, як неасимптотична [5]. Для полегшення аналізу додаткових втрат в сталому режимі руху необхідно ввести поняття додаткової потужності та рушійної сили, які задають коливання dv/dt:

$$N_T - \sum N_O = \Delta N_e \qquad (4)$$

$$P_P - \sum P_O = \Delta P_P \qquad (5)$$

Умовою прискорення руху агрегату є позитивне значення ΔP_P - уповільнення негативне. Зміна ΔP_P може відбуватися як в наслідку зміни факторів формування P_P і Σ Pc (коливання потужності двигуна, властивості агрофону), так і відхилення кута докладання зусиль від напрямку руху агрегату.

З метою вимірювання зміни показників прискорення, для контролю динаміки агрегату використовувався реєстраційно-вимірювальний комплекс на основі трьохосьових датчиків прискорень. Проводились випробування агрегату в технічно справному стані та у випадку відмови однієї з форсунок. За результатами вимірювань проведено аналіз зміни прискорень за різного технічного стану агрегату. На основі аналізу робимо висновок про те, що у випадку виходу з ладу форсунки двигуна, прискорення відбувається повільніше і за величиною на 27% менше.

Висновки. Проведеним дослідженням обґрунтовано залежність працездатності трактора від технічного стану і динаміки навантажень сільськогосподарської машини. Доведено можливість ефективного контролю силових характеристик трактора у складі МТА при різних режимах роботи. Вихід з ладу форсунки зменшив силу тяги трактора при випробуваннях на 11%.

Список використаних джерел

1. Лебедєв А.Т. Тракторна енергетика: проблеми та їх розв’язання / А. Лебедєв, В. Кравчук, С. Лебедєв // Техніка і технології АПК. – 2011. – №2(17). – С. 4 – 8.

2. Електронні джерела [Електронний ресурс].– Режим доступу до ресурсу:http://tractortestlab.ukr.edu/NebraskaTractorTestLaboratory/,http://www.dig.ord/CDLGe.V - Німецьке сільськогосподарське товариство.

3. Лебедєв А.Т., Артьомов М.П. Обґрунтування ефективності використання ґрунтообробних машинно-тракторних агрегатів моделюванням парціальних прискорень / А.Т. Лебедєв, М.П. Артьомов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук.пр. / ДНУ УкрНДІПВТ ім.Л.Погорілого – Дослідницьке, 2013. – Вип. 17(31),кн..2. – С. 280 – 293.

4. Пушкаренко О.Ю. Інтелектуальне керування паливною економічністю дизеля шляхом відключення циліндрів і оптимізації упорскування / О.Ю. Пушкаренко // Вісник СНАУ. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», випуск 1 (59), 2025. С 77 – 84.

5. Артьомов М.П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів Автореф.дис.доктора техн.наук 05.05.11 / Артьомов Микола Прокопович; Харківський національний технічний у-нт ім.Петра Василенка. – Харків., 2014. – 44с.

УДК 631.2:636.085.55

ЗМІНА ПОЖИВНОСТІ ЛИСТОСТЕБЛОВОЇ СИРОВИНИ ПРИ ФРАКЦІОНУВАННІ

Сімаков О.О.
Вінницький національний аграрний університет

Раціональне використання листостеблової маси сільськогосподарських культур є важливим завданням у тваринництві та біоенергетиці. У процесі фракціонування відбувається розділення рослинної сировини на окремі складові (листя, стебла, черешки), які відрізняються за поживною цінністю[4]. Листя, як правило, містить більше сирого протеїну та легкоперетравних вуглеводів, тоді як стебла характеризуються високим вмістом клітковини та нижчою енергетичною цінністю.

Метою роботи є визначення зміни поживності листостеблової маси люцерни після процесу фракціонування. Для цього потрібно провести аналіз поживних речовин у різних фракціях та визначити доцільність застосування фракціонування у кормо-виробництві.

Вміст поживних речовин розраховували за формулою [2]:

$$C = \left(\frac{m\ \text{речовини}}{m\ \text{зразка}}\right) x100\% \quad (1)$$

Обмінну енергію (ОЕ) визначали за формулою:

$$ОЕ = (П \times k1) + (Ж \times k2) + (В \times k3) \quad (2)$$

де П – протеїн, Ж – жири, В – вуглеводи, k1–k3 – коефіцієнти перетравності. При проведенні досліджень було розраховано такі показники (Табл. 1)

Таблиця 1

Вміст поживних речовин у люцерні

Фракція	Сирий протеїн (%)	Клітковина (%)	Обмінна енергія (МДж/кг)
Листя	15.8	22.5	9.8
Стебла	7.2	38.7	6.4
Суміш	10.4	30.1	7.9

Листя є найбільш цінною фракцією: містить удвічі більше сирого протеїну, ніж стебла (15.8% проти 7.2%). У листі вміст клітковини на 16,2% нижчий, ніж у стеблах, що означає кращу перетравність. Обмінна енергія у листі на 3,4 МДж/кг вища, ніж у стеблах, що безпосередньо впливає на енергетичну цінність корму. Суміш за показниками займає проміжне місце, що підтверджує доцільність поділу на окремі фракції.

Також, для більш зрозуміліших результатів аналізу побудовано порівняльний графік поживних речовин у різних фракціях (рис. 1).

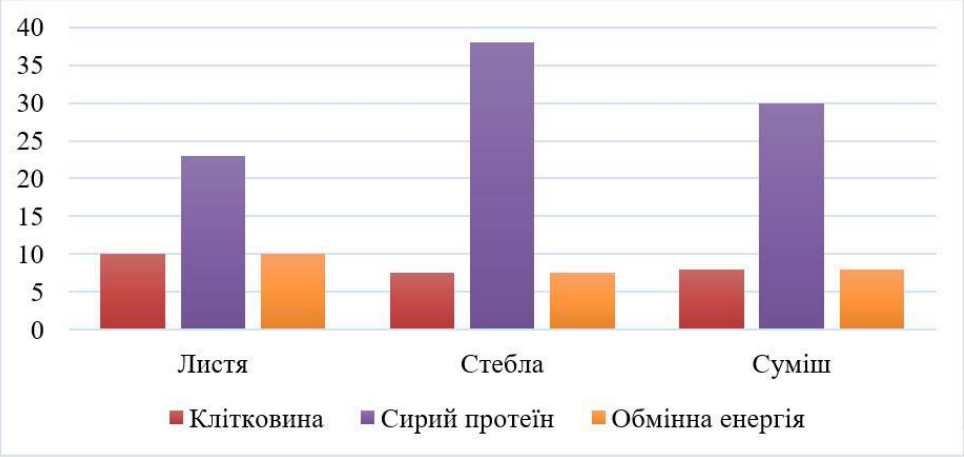


Рис. 1. Вміст поживних речовин у різних фракціях люцерни.

Порівняння за протеїном демонструє різку диференціацію між фракціями: максимальний вміст у листі та мінімальний у стеблах. Це підкреслює доцільність виділення листової маси для створення концентрованих за поживними речовинами кормів [1]. . За клітковиною спостерігається протилежна тенденція: стебла містять її значно більше, що робить їх менш енергетично цінними, але корисними як структурний компонент у годівлі. Порівняння енергетичної цінності показує, що листя має суттєву перевагу – близько третини додаткової енергії у порівнянні зі стеблами. При використанні неподіленої маси (суміші) корм має посередні показники – це компроміс між високим протеїном і високою клітковиною.

Використання неподіленої маси забезпечує лише середні показники кормової якості. Фракціонування дозволяє значно підвищити харчову цінність:

- вміст протеїну у листі перевищує показник стебел більш ніж на 50%;
- клітковини у листі майже удвічі менше;
- енергетичний рівень у листовій фракції на 3,4 МДж/кг вищий.

Отже, розділення листостеблової маси дає можливість оптимізувати використання біомаси: листя спрямовувати для інтенсивного годування, а стебла — як допоміжний об'ємний корм.

Дані дослідження свідчать про актуальність питання впровадження фракціонування у кормо-виробництво, адже фракціонування листостеблової маси, на прикладі люцерни, дозволяє створювати високопротеїнові та енергетично цінні раціони для продуктивних тварин; дає можливість ефективніше використовувати стебла як дешевший кормовий компонент; підвищує гнучкість кормовиробництва, коли можна комбінувати різні фракції залежно від потреб тварин.

Список використаних джерел

1. Буряк, Р. І., Петренко, О. М., & Коваленко, Л. С. (2020). Фракціонування листостеблової маси кукурудзи та його вплив на кормову цінність. Науковий вісник аграрних наук, 98(6), 45–52.

2. Ковальчук, В. М., & Іванченко, С. П. (2019). Оцінка хімічного складу та перетравності зеленої маси багаторічних трав (Ковальчук & Іванченко, 2019) після механічної сепарації. Корми і кормовиробництво, 88(2), 60–67.

3. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). Animal Nutrition (7th ed.).

4. Назаренко, В. О., & Шевченко, Т. М. (2021). Технологічні аспекти використання рослинних відходів у кормовиробництві та біоенергетиці (Назаренко & Шевченко, 2021). Вісник аграрної науки Причорномор'я, 2(112), 112–119.

УДК 631.356.22

ОЧИСНИКИ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Ліннік А.Ю.
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми. Цукрові буряки є ключовою технічною культурою для виготовлення стратегічно важливого продукту – цукру, що

має важливе значення для харчової та переробної промисловості України та світу [1]. Впливовим фактором на зниження собівартості його виготовлення є якість підготовки сировини, тобто коренеплодів цукрових буряків, їх цукристість, ступінь пошкодження та якість очистки від ґрунту та залишків гички і ці показники в значні мірі за лежать від якості виконання збиральних робіт. Важливим етапом під час збирання буряків є ефективне очищення коренеплодів від гички, яка негативно впливає на якість сировини, ускладнює транспортування і призводить до перевитрат енергії під час переробки. Неефективне очищення також спричиняє механічні пошкодження коренеплодів, що скорочує термін їх зберігання і погіршує товарну якість [2].

Серед багатьох конструкцій очисного обладнання, що застосовуються у сучасних бурякозбиральних машинах, усе більшої уваги набувають очисники гички з вертикальною віссю обертання. Вони забезпечують очищення коренеплодів завдяки обертовим робочим органам, які розташовані перпендикулярно, або під кутом до поверхні ґрунту. Основною перевагою таких механізмів є здатність до якіснішого видалення гички при мінімальному пошкодженні буряка, а також потенційно вища продуктивність порівняно з горизонтальними системами.

Проте, у вітчизняній аграрній техніці та наукових розробках це питання ще недостатньо вивчене. Існуючі конструкції потребують модернізації, а експлуатаційні параметри — подальшого вдосконалення для досягнення оптимального балансу між якістю очищення, енергозбереженням та довговічністю.

Таким чином, актуальність даної проблеми обумовлена необхідністю глибшого аналізу переваг і недоліків очисників гички з вертикальною віссю обертання, а також визначення напрямків їх вдосконалення з урахуванням сучасних вимог до продуктивності, енергоефективності та якості збирання цукрових буряків. Результати такого дослідження можуть стати основою для подальшої розробки ефективніших конструкцій бурякозбиральних машин та сприяти підвищенню ефективності цукробурякової галузі в цілому.

Аналіз останніх досліджень. Фундаментальні основи дослідження процесу доочищення коренеплодів від залишків гички викладені у працях проф. Вовк П.Ф., який в 1936 році опублікував статтю в якій викладені фізико-механічні агробіологічні властивості цукрових буряків, втрати цукристої маси коренеплодів при різних способах зрізування коронки. Ця робота, а також праці українських вчених Василенка А.О., Бурмістрової М.Ф., Тат’янка М.В., Денисенка І.І., Погорілого Л.В., Зуєва М.М., Булгакова В.М. справили основоположний вплив на розвиток бурякозбиральних машин.

Мета досліджень. Метою дослідження є аналіз конструктивних особливостей, функціональних можливостей та експлуатаційних характеристик очисників гички цукрових буряків з вертикальною віссю

обертання, з метою виявлення їх основних переваг і недоліків, а також обґрунтування напрямів удосконалення цих систем для підвищення ефективності збирання, зменшення пошкодження коренеплодів і зниження енергоспоживання.

Результати досліджень. Одним із ключових критеріїв оцінки ефективності очисних систем бурякозбиральних машин є ступінь механічного пошкодження коренеплодів, зокрема їх верхньої (голівкової) частини. Пошкодження зменшує товарну якість буряка, погіршує зберігання та призводить до прямих втрат урожаю. У цьому контексті конструкції очисників гички з вертикальною віссю обертання демонструють суттєві переваги над традиційними аналогами з горизонтальною віссю обертання, оскільки вертикальне розміщення осі обертання дозволяє краще розподілити навантаження на коренеплоди та забезпечити більш м'який контакт між робочими органами та поверхнею голівки буряка. Гнучкі або шарнірно закріплені лопаті, що є переважаючими очисними елементами таких очисників, встановлені по периферії диска, при обертанні створюють дотичне, а не пряме зусилля, що знижує ймовірність зрізування або надриву шкірки. Це важливо, особливо при збиранні буряків у фазі технічної стиглості, коли структура тканин є щільною, але все ще вразливою до ударів [3]. Також значимими є такі конструктивні особливості як кут нахилу лопатей до вертикальної осі, жорсткість матеріалу та довжина важелів.

Поряд з впливом конструктивних особливостей очисника на ступінь пошкодження коренеплоду суттєве значення мають і морфологічні особливості цукрових буряків. Буряки значно відрізняються за формою, розмірами, положенням у ґрунті, глибиною заглиблення кореня та висотою головки над рівнем поля. Крім того, у процесі вегетації частина коренеплодів може мати нахилену вісь росту або бути частково деформованою. Ці особливості створюють складні умови для механічного очищення гички, особливо в межах одного поля, де спостерігається значна варіативність форм.

Традиційні конструкції очисників з горизонтальним розміщенням осі валів з очисними елементами не повністю забезпечують локальне копіювання поверхні рельєфу поля та головки окремого буряка. Такі системи часто погано адаптуються до змінної висоти та нахилу коренеплодів, що призводить до недостатнього зняття гички на окремих рослинах, зокрема при наднизькому розміщені головки кореня, або навпаки, до надмірного зрізання верхівки кореня — на високоростучих, що призводить до неповного очищення чи підвищеного рівня пошкоджень тіла коренеплоду. Поряд з тим, при роботі таких очисників, розміщення коренеплодів з відхиленням від осі рядка, навіть значним, не має значимого впливу якість очистки.

Очисники гички з вертикальною віссю обертання завдяки своїй конструкції значно краще пристосовані до обробки коренеплодів із варіацією морфологічних особливостей. Це досягається завдяки ряду технічних і кінематичних чинників. Очисні робочі органи закріплені на вертикальному

роторі, діють по радіусу, обертаючись навколо осі вала. Такий принцип забезпечує колове обтікання головки кореня з усіх боків, що дозволяє «обіймати» буряк незалежно від його положення чи форми. У разі наявності нахиленої осі росту буряка або неоднакової висоти головок, вертикальні лопаті частково компенсують це завдяки кінематичній симетрії руху. Тобто кожна точка головки протягом обертання обробляється однаково, що вирівнює глибину очищення. На відміну від горизонтальних механізмів вертикальні очисники допускають більший діапазон допустимих відхилень висоти росту коренеплодів без втрати якості очищення [3].

Складним завданням для очисників головок коренеплодів є випадки, коли після механічного зрізання гички або її часткового обриву на головці буряка залишаються сухі фрагменти гички, що щільно прилягають до поверхні головки і погано піддаються очищенню. Сухі рештки гички це залишки черешків або прикореневих частин листя, які висохли природним шляхом та характеризуються високою жорсткістю, щільно прилягають до головки, не відриваються при слабкому механічному впливі. Очисники з горизонтальною віссю обертання не можуть забезпечити якісне очищення таких залишків виходячи з конструктивних особливостей, тоді як, очисники з вертикальною віссю обертання діють скоблячим, зчищаючим рухом, що дозволяє видаляти сухі рештки без загрози зрізання частини головки буряка.

Висновок. Застосування очисників з вертикальною віссю обертання підвищує технологічну та економічну ефективність збирання, зменшує втрати та покращує збереження буряків у післязбиральний період. Завдяки круговому дотичному впливу робочих органів на голівку коренеплоду, вони забезпечують вищу якість очищення та менший ступінь пошкодження коренеплодів, можливість динамічного копіювання очисними елементами різної висоти росту коренеплодів, нахилів та форм.

Список використаних джерел

1. Сучасні тенденції сталого розвитку цукрового ринку. URL: http://www.ukrsugar.com/uk/post/sucasni-tendencii-stalogo-rozvitku-cukrovogo-rinku (дата звернення: 07.10.2025).

2. Рибак Т.І., Цьонь О.П. Огляд гичковидаляючих апаратів бурякозбиральних машин та шляхи їх вдосконалення. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка, технічні науки. Вип. 134. «Технічний сервіс машин для рослинництва». Харків, 2013, с.203-207.

3. Wang F Y, Zhang Z Y, Pan Y F, Wang D W. Optimized design of the 4TSQ-2 sugar beet top cutting machine. Int J Agric & Biol Eng, 2022; 15(2): 111–116.

УДК 631.816.3

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИСОТИ ШТАНГИ НА ЯКІСТЬ ПОПЕРЕЧНОГО РОЗПОДІЛУ КАС СТРУМЕНЕВИМИ РОЗБРИЗКУВАЧАМИ

Кобець О.М., Лепеть Є.І.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Ефективність внесення рідких мінеральних добрив значною мірою залежить від рівномірності їх розподілу по ширині захвату обприскувача. Нерівномірний розподіл може призводити до зниження або перевищення норми внесення на окремих ділянках поля, що знижує ефективність використання добрив та негативно впливає на врожайність і якість рослинної продукції. Одним із ключових факторів, що визначають рівномірність внесення карбамід-аміачної суміші, є висота розташування штанги обприскувача над рослинним покривом. Невідповідна висота штанги може призводити до збільшення коефіцієнта варіації поперечного розподілу КАС через зміну траєкторії струменів і нерівномірне покриття. Врахування та оптимізація цього параметра є актуальним завданням для підвищення ефективності систем внесення рідких добрив.

Аналіз останніх досліджень. Згідно з дослідженнями [1] струменеві розбризкувачі (тип FL) мають доволі значну нерівномірність. В деяких випадках коефіцієнт варіаціїї може перевищувати 50%. Це зумовлено тим, що струменеві розбризкувачі мають більш чутливий розподіл до висоти установки та робочого тиску, що може призводити до суттєвих коливань норми внесення на різних ділянках поля.

Ці результати свідчать про необхідність ретельного підбору висоти штанги у відповідності до агротехнічних вимог [1] при використанні струменевих розбризкувачів для забезпечення прийнятного рівня рівномірності розподілу КАС. Вони також підтверджують, що оптимізація конструктивних та технологічних параметрів обприскувачів є критичною для підвищення ефективності внесення добрив і зменшення ризику втрат через нерівномірне покриття.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що струменеві розбризкувачі потребують більш точного налаштування висоти штанги та робочого тиску у порівнянні з дефлекторними розбризкувачами для забезпечення оптимального поперечного розподілу робочого розчину.

Метою дослідження є визначення оптимальної висоти штанги, яка дозволить покращити якість поперечного розподілу робочого розчину та

забезпечити ефективне і рівномірне внесення добрив на всій ширині захвату обприскувача.

Результати досліджень. Дослідження проводились на лабораторному стенді згідно з ДСТУ [2], що дозволяє стандартизовано оцінювати поперечний розподіл робочого розчину. Використовувався 5-ти струменевий розбризкувач RD.05.SD5-5 [3] з дроселем 1,5 мм при робочому тиску 0,2 МПа.

Було проведено серію експериментів при різних висотах штанги для оцінки впливу цього параметра на коефіцієнт варіації (CV) поперечного розподілу КАС. Результати наведені на рис. 1.

Як видно з рис. 1 зі збільшенням висоти штанги зменшується коефіцієнт варіації поперечного розподілу з 32,22% до 20,31%.

Це свідчить про те, що збільшення висоти штанги сприяє більш рівномірному поперечному розподілу КАС. Пояснити цю закономірність можна тим, що при вищому розташуванні штанги струмені розбризкувача мають більшу зону перекриття, що зменшує різницю між сусідніми смугами розподілу. Відповідно, нерівномірність внесення добрива зменшується, а коефіцієнт варіації падає.

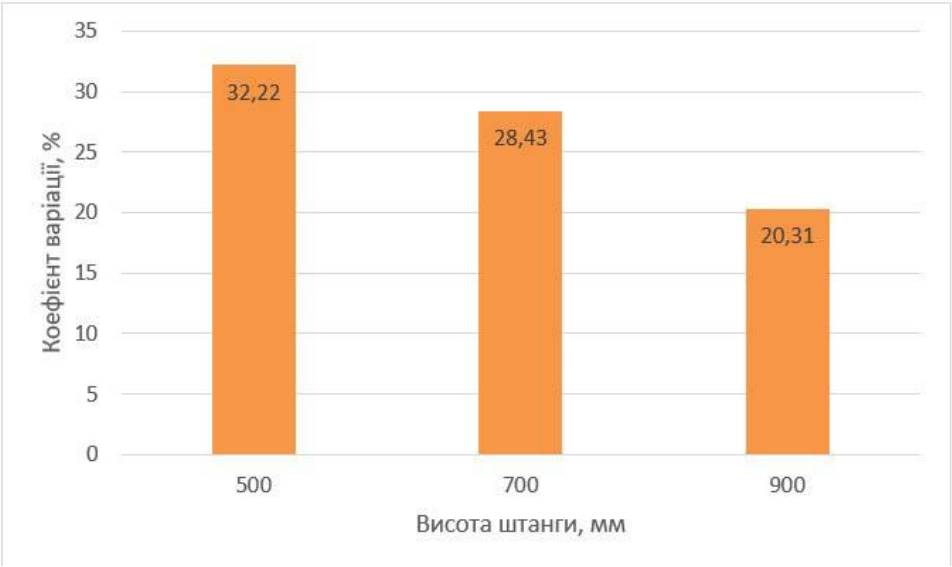


Рис. 1. Залежність коефіцієнта варіації поперечного розподілу КАС від висоти штанги обприскувача

Водночас надмірне підвищення штанги може мати негативні наслідки, зокрема: збільшення дрейфу крапель під дією вітру; зменшення ефективності покриття нижніх частин рослин; підвищення втрат робочого розчину через випаровування. Отже, попри зниження коефіцієнта варіації при висоті 900 мм, оптимальною висотою штанги можна вважати 700-800 мм, де досягається компроміс між рівномірністю розподілу та стабільністю внесення розчину.

Отримані результати узгоджуються з рекомендаціями виробників обприскувачів, які зазначають, що висота штанги має забезпечувати 100-120% перекриття факелів суміжних розбризкувачів [1]. Таким чином, експериментально підтверджено, що правильне налаштування висоти штанги є критичним чинником для підвищення ефективності внесення КАС струменевими розбризкувачами.

Висновки. Досліди підтвердили тенденцію, яка була відзначена у попередніх роботах: збільшення висоти штанги для струменевих розбризкувачів призводить до зниження коефіцієнта варіації поперечного розподілу, а отже, підвищує рівномірність внесення КАС. На основі отриманих результатів оптимальна висота штанги для струменевих розбризкувачів RD.05.SD5-5 знаходиться в межах 700-800 мм.

Список використаних джерел

1. Крамарьов С.М., Крамарьов О.С., Демиденко В.Г., Хорошун К.О., Пісоцький С.С., Бондарь В.Ю., Рубан С.М., Цуркан К.П. Економічна ефективність використання карбамід-аміачних сумішей(КАС) в сучасних системах удобрення сільськогосподарських культур. Дніпро: Нова ідеологія, 2020. 195 с.

2. ДСТУ ISO 5682-2:2019. Устаткування для захисту рослин. Обприскувальне устаткування. Частина 2. Методи випробовування гідравлічних обприскувачів. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 11 с.

3. Агромодуль [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.agromodul.com.ua (дата звернення: 08.10.2025).

УДК 631.363:636.22/28

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЗА ДОПОМОГОЮ РОТОРНИХ РОЗКИДАЧІВ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ

Кажуро М.П.
Вінницький національний аграрний університет

Ефективність внесення добрив є одним із ключових факторів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, а також збереження родючості ґрунтів у довгостроковій перспективі [1-3]. Добрива виконують функцію не лише джерела поживних елементів для рослин, а й регулятора фізико-хімічних процесів у ґрунті, зокрема підвищення вмісту гумусу, поліпшення структури та водно-повітряного режиму. В умовах України спостерігається суттєве скорочення поголів’я великої рогатої худоби, свиней та овець, що призвело до значного зменшення обсягів органічних добрив у сільському господарстві. Разом із тим, дослідження

академіка Д.М. Прянішникова підтверджують, що внесення органічних добрив забезпечує приріст врожайності культур на 40–60 %, що свідчить про необхідність оптимізації та раціонального використання наявних ресурсів.

Науково обґрунтованим рішенням є застосування органо-мінеральних добрив, які поєднують органічну речовину та мінеральні сполуки. Така комбінація дозволяє не лише зменшити обсяги внесення органіки, а й підвищити засвоюваність мінеральних елементів рослинами, що забезпечує високий агрохімічний ефект. Особливо ефективними є гранульовані форми органо-мінеральних добрив, які забезпечують рівномірний розподіл по площі, зменшують втрати матеріалу під час транспортування та внесення, а також підвищують точність доставки поживних речовин у кореневмісний шар ґрунту. Існує декілька технологічних методів внесення добрив [3, 4]. Серед них виділяють комбіновані агрегати, які одночасно виконують операції висіву насіння та внесення добрив. Проте ці машини мають складну конструкцію, потребують значної попередньої підготовки поля та високого рівня кваліфікації операторів, що обмежує їх широке використання. Простіші та технічно доступніші способи внесення - це поверхневі розкидачі, які можуть працювати з кузовними бункерами для органо-мінеральних сумішей. Для досягнення максимальної агрохімічної ефективності важливо забезпечити рівномірність розподілу добрив, продуктивність агрегату та збереження гранул під час процесу внесення.

Традиційні розкидачі добрив оснащені дисковими робочими органами на вертикальній осі обертання [4]. Однак вони мають суттєві недоліки: при збільшенні норми подачі частина добрив не встигає досягти лопаток диска, що призводить до нерівномірного розподілу, підвищених втрат матеріалу та зниження агрохімічної ефективності. Наукові дослідження показують, що ефективним технічним рішенням є використання роторних робочих органів на горизонтальній осі обертання. Така конструкція забезпечує кращий контроль траєкторії руху гранул, зменшує концентрацію матеріалу в центральній частині розподільчого потоку та покращує рівномірність розподілу добрив по ширині захвату агрегату. Важливим аспектом підвищення ефективності розкидачів є впровадження гідравлічного приводу роторних робочих органів. Гідропривод дозволяє змінювати швидкість обертання роторів залежно від норми внесення та швидкості руху агрегату, що забезпечує точне дозування добрив, зменшує втрати матеріалу та підвищує продуктивність агрегату. Крім того, гідравлічний привід дає змогу інтегрувати систему автоматичного регулювання, яка адаптує роботу розкидача до змінних умов поля, таких як рельєф, тип ґрунту та вологість. Впровадження роторних розкидачів з горизонтальною віссю обертання та гідравлічним приводом має не лише практичне, а й наукове значення. Воно дозволяє оптимізувати

використання органо-мінеральних добрив, знизити витрати енергоресурсів, підвищити агрохімічну ефективність та сприяти розвитку ресурсозберігаючих технологій землеробства. Подальші дослідження в цьому напрямку можуть включати моделювання процесу розподілу гранул, експериментальні дослідження впливу параметрів обертання ротора на рівномірність внесення, а також розробку автоматизованих систем контролю подачі добрив у реальному часі. Таким чином, вдосконалення конструкції розкидачів добрив із застосуванням роторних робочих органів на горизонтальній осі обертання та гідравлічного приводу є перспективним та актуальним напрямом сучасного аграрного машинобудування. Реалізація таких технічних рішень сприяє підвищенню врожайності, економічної ефективності агропідприємств та впровадженню сучасних ресурсозберігаючих технологій у сільському господарстві.

Список використаних джерел

1. Концепція розвитку точного землеробства в Україні. Національний науковий центр "Інститут грунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського". Колектив авторів. Харків, Міськдрук, 2010. 36 с.

2. Аніскевич Л.В. Система точного землеробства / Л.В. Аніскевич, М.О. Свірень, М.М. Коваленко. Кропивницький: Лисенко В.Ф. 2016. 104 с.

3. Руткевич В.С., Остапенко В.А. Розроблення висівної системи посівного комплексу для внутрішньо-грунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2024. № 1 (330). С. 264–270.

4. Руткевич В., Кажуро М. Сучасні тенденції розвитку техніки для внесення сипучих органо-мінеральних добрив. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2025. № 4(355). С. 531–537.

УДК 631.363:636.22/28

ОЦІНКА ТА МІНІМІЗАЦІЯ ЧАСОВИХ І ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАПІЗНЕНЬ ПРИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОМУ ВНЕСЕННІ ДОБРИВ ПОСІВНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Остапенко В.А.
Вінницький національний аграрний університет

Однією з ключових умов підвищення ефективності диференційованого внесення мінеральних добрив при роботі сучасних посівних комплексів є точне дотримання доз внесення на конкретних ділянках поля відповідно до електронної карти-завдання [1, 2]. Такий підхід

дозволяє реалізувати принципи технології точного землеробства, забезпечуючи максимальну продуктивність рослинних культур та оптимізацію витрат на мінеральні добрива і засоби захисту рослин. При цьому важливим технічним аспектом є забезпечення своєчасного спрацьовування дозуючого робочого органу агрегату в момент досягнення межі елементарної ділянки поля, що зазначена на електронній карті. Однією з основних причин відхилень від заданої дози є запізнювання спрацьовування дозатора, яке обумовлюється як конструктивними особливостями агрегату, так і специфікою фізико-механічних властивостей добрив та умов руху агрегату по полю.

Запізнювання внесення добрив виникає через кілька взаємопов'язаних факторів. Перш за все, це відстань між місцем розташування приймача сигналів глобальної системи позиціонування (GPS) та дозуючим робочим органом, яка призводить до затримки передачі сигналу на виконавчий механізм. По-друге, тривалість транспортування гранул мінеральних добрив від дозуючого пристрою до сошника також створює часову затримку, яка може коливатися залежно від довжини трубопроводів та швидкості руху гранул. По-третє, час реакції контролера на зміну координат та час переходу дозуючого органу від однієї дози на іншу визначаються характеристиками виконавчих механізмів і фізичними властивостями гранул добрив. Сумарний ефект усіх цих чинників формує запізнення внесення, що в окремих випадках може досягати декількох секунд, а при швидкому русі агрегату - декількох метрів по площі поля.

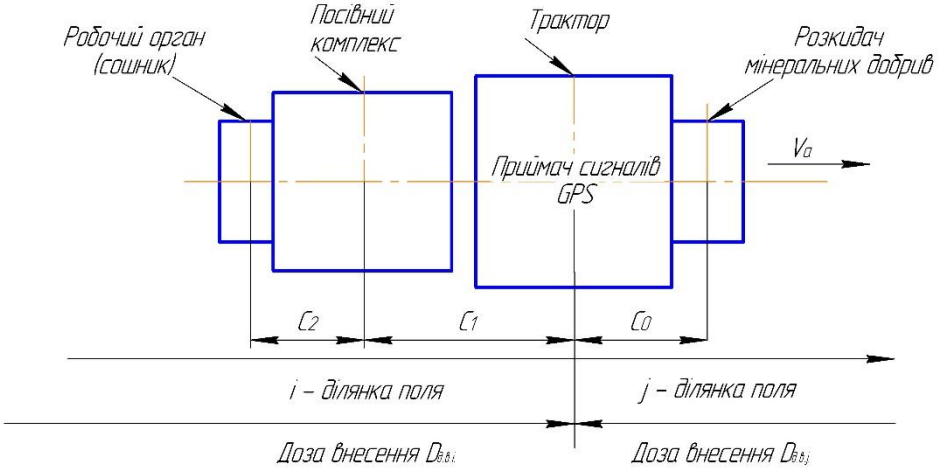


Рис. 1. Схема розрахунку величини запізнення.

Для кількісної оцінки впливу запізнювання на якість диференційованого внесення добрив необхідно мати математичну модель технологічного процесу [3, 4]. У даному дослідженні розглянуто елементарну ділянку поля, на якій здійснюється диференційоване внесення

гранульованих мінеральних добрив. При наближенні агрегату до межі ділянки GPS-приймач визначає координати та передає інформацію бортовому комп'ютеру, який обчислює необхідну дозу внесення *Дд.в.j* і подає команду на зміну дози виконавчому механізму дозатора, що в цей момент працює на дозі *Дд.в.i* (рис. 1). Початок переходу з однієї дози на іншу не відбувається миттєво, а залежить від часу реакції контролера, швидкості перебудови дозуючого механізму, а також від часу руху гранул добрив від дозуючого пристрою до сошника.

Аналіз впливу цих факторів на якість диференційованого внесення показав, що запізнювання існує практично завжди, незалежно від точності роботи дозуючої системи. Чим більша швидкість руху агрегату, тим пізніше починається внесення добрив на новій ділянці, що свідчить про необхідність оптимізації швидкості руху та параметрів дозатора для мінімізації відставання від планової дози. При цьому довжина агрегату, розташування GPS-приймача та відстань від дозатора до центру групи сошників є критичними конструктивними характеристиками, що визначають величину позиційного запізнювання.

Для оцінки впливу часових і дистанційних запізнень на якість внесення добрив був розроблений алгоритм розрахунку величини переходу з однієї дози на іншу. Цей алгоритм дозволяє інтегрувати його в програмне забезпечення системи контролю та керування роботою посівного комплексу, забезпечуючи більш точне диференційоване внесення добрив у режимі offline, а при доопрацюваннях - і в режимі online. Алгоритм враховує часові та просторові затримки, швидкість руху агрегату, довжину трактора і посівного комплексу, а також характеристики дозуючого обладнання, що робить його універсальним інструментом для підвищення точності технологічного процесу.

Впровадження технології точного землеробства на основі диференційованого внесення добрив дозволяє суттєво підвищити врожайність культур, знизити витрати на мінеральні добрива та засоби захисту рослин, а також оптимізувати прямі експлуатаційні витрати на виконання польових механізованих робіт. Розроблений алгоритм дає змогу формалізовано оцінювати і коригувати режим роботи агрегату, забезпечуючи мінімальні відхилення від електронної карти-завдання та підвищуючи ефективність використання ресурсів.

Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на вдосконалення моделей прогнозування запізнювання внесення добрив із урахуванням реальних умов роботи агрегату на різних типах ґрунтів і при різних погодних умовах, а також на інтеграцію цих моделей у системи online-контролю. Важливим напрямом є оптимізація конструкції дозуючих робочих органів і маршрутів руху агрегату для мінімізації відставання фактичного внесення від запланованого.

Впровадження інноваційних агротехнологій потребує значних капіталовкладень у придбання нових засобів механізації, автоматизації та цифровізації технологічних процесів. Разом з тим наукове обґрунтування ефективності та економічної доцільності таких рішень дозволяє оцінити окупність і ризикованість інвестицій, що є важливим фактором для аграрного бізнесу. Комплексний підхід до вдосконалення систем диференційованого внесення добрив із врахуванням часових і дистанційних запізнень забезпечує підвищення продуктивності агропідприємств та ефективного використання ресурсів, сприяючи сталому розвитку сільськогосподарського виробництва.

Список використаних джерел

1. Концепція розвитку точного землеробства в Україні. Національний науковий центр "Інститут грунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського". Колектив авторів. Харків, Видав. Міськдрук, 2010. 36 с.

2. Аніскевич Л.В. Система точного землеробства / Л.В. Аніскевич, М.О. Свірень, М.М. Коваленко та ін. навч. посіб. Кропивницький: Лисенко В.Ф. 2016. – 104 с.

3. Руткевич В.С., Остапенко В.А. Розроблення висівної системи посівного комплексу для внутрішньо-грунтового диференційованого мінерального удобрення з одночасною сівбою зернових культур *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки.* 2024. № 1 (330). С. 264–270.

4. Руткевич В., Остапенко В., Кажуро М. Теоретичне дослідження умов роботи дозуючих робочих органів посівного комплексу для диференційованого внесення добрив. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки.* 2024. № 4 (339). С. 91–96.

УДК 631.363:636.22/28

РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СУЧАСНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ БЛОЧНО-ПОРЦІЙНОГО ВИВАНТАЖЕННЯ СИЛОСУ

Остапенко О.В.
Вінницький національний аграрний університет

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва підвищення ефективності використання кормових ресурсів є одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності тваринницьких підприємств. Силос залишається основним видом стеблових кормів у раціонах великої рогатої худоби, що робить питання його заготівлі,

зберігання та раціонального використання особливо актуальним. Проте значні втрати поживних речовин під час вивантаження з траншейних сховищ пов'язані із недосконалістю застосовуваних механізмів, які не завжди забезпечують якісне відокремлення та подачу силосної маси. Традиційні вирізні механізми та універсальні фронтальні навантажувачі характеризуються підвищеною енергоємністю, недостатньою продуктивністю та швидким зношуванням робочих органів, що призводить до інтенсивного доступу повітря в корм і активації процесів вторинної ферментації. У результаті цього знижується харчова цінність силосу, спостерігається зменшення поживності на 8–13 %, вмісту сухої речовини – до 30 %, каротину – на 40–60 %, а перетравного протеїну – на 6–8 %, при цьому концентрація аміаку зростає у 2,5–3 рази. Тому підвищення ефективності вивантаження силосної маси є важливим науковим та практичним завданням, яке потребує інноваційних технічних рішень [1, 2].

Метою дослідження є наукове обґрунтування конкурентоспроможності інноваційного вирізного механізму для вивантаження силосної маси із траншейних сховищ із застосуванням гідрофікованих приводів, які забезпечують адаптацію виконавчих гідродвигунів до зміни технологічного навантаження під час роботи. Досягнення поставленої мети передбачає оцінку техніко-економічних та зоотехнічних переваг даного технічного рішення, визначення його енергоефективності, надійності та здатності забезпечувати високу якість корму у порівнянні з існуючими аналогами.

Об'єктом досліджень є вирізний механізм для вивантаження стеблових кормів із траншейних сховищ, призначений для агрегатування з фронтальними навантажувачами на базі трактора МТЗ-82 (рис.1) [3]. Конструктивною особливістю механізму є наявність гідравлічного привода робочих органів із дросельним дільником потоку з компенсаційними штоками, що забезпечує синхронізацію роботи виконавчих органів та стабільність параметрів гідросистеми. Принцип дії дільника потоку полягає у балансуванні витрат робочої рідини в паралельних гідролініях, що дозволяє автоматично вирівнювати навантаження між гідродвигунами та запобігати їх асинхронній роботі. Конструктивне рішення включає рухомі штоки змінного перерізу, які компенсують вплив перепадів тиску на мембранні елементи, що забезпечує сталість регулювання, підвищення динамічних характеристик та точність розподілу потоку. Використання такої системи підвищує довговічність та ресурс гідропривода, розширює його функціональну адаптивність до змін умов експлуатації та знижує енергоємність технологічного процесу.

Для оцінки конкурентоспроможності розробленого вирізного механізму застосовано методику визначення узагальнюючих показників І-

го та ІІ-го виду, які відображають рівень технічної досконалості та функціональної ефективності обладнання [3, 4]. Розрахунки виконані на основі техніко-експлуатаційних показників існуючих навантажувачів та розробленого механізму, враховуючи такі критерії, як продуктивність, енергоємність привода, маса обладнання та втрати поживних речовин під час вивантаження. За результатами обчислень встановлено, що розроблений механізм характеризується найвищими значеннями безрозмірних показників: 0,7464 (І вид) та 4,7235 (ІІ вид), що підтверджує його перевагу над існуючими аналогами. Оцінка узагальнюючих показників засвідчує, що інноваційний вирізний механізм посідає перше місце серед порівнюваних машин, що підтверджує його високий рівень конкурентоспроможності та доцільність практичного застосування у виробничих умовах.

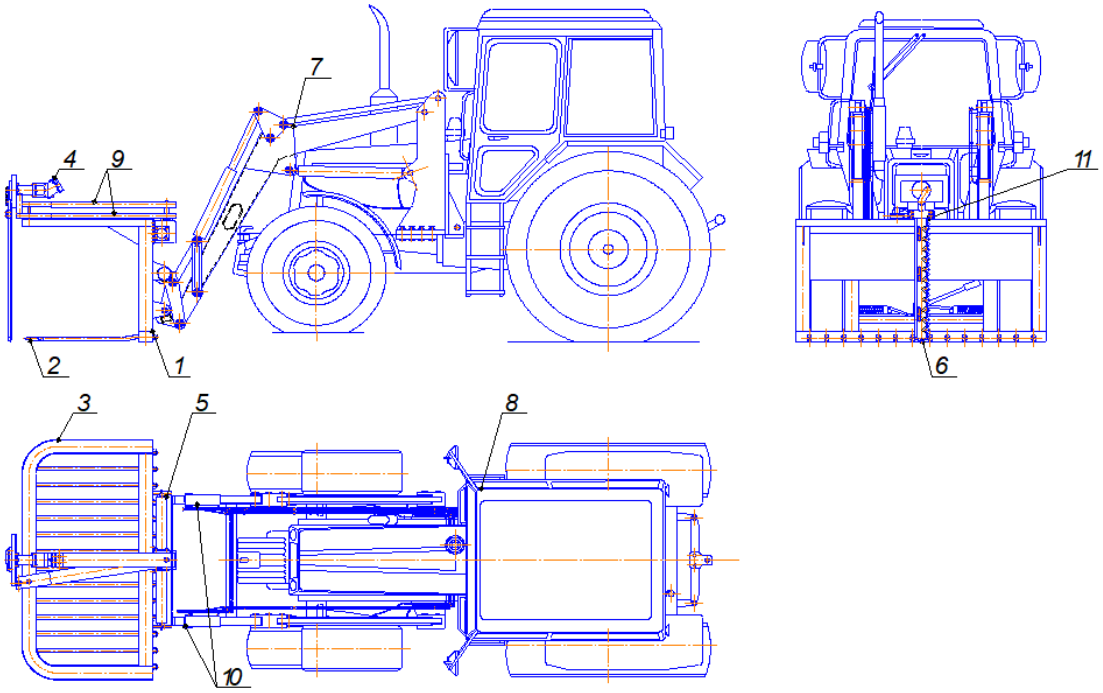


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема вирізного механізму для вивантаження стеблових кормів із траншейних сховищ на базі фронтального навантажувача: 1 – рама, 2 – вила, 3 – направляюча рамка, 4 – гідродвигун, 5 – поворотний гідроциліндр, 6 – ніж, 7 – стріла навантажувача, 8 – трактор МТЗ-80, 9 – телескопічний важіль, 10 – гідроциліндри, 11 – приводний механізм

Конструктивна схема вирізного механізму дозволяє поєднати функції відокремлення та утримання блок-порції корму, забезпечуючи при цьому високу жорсткість, надійність та точність роботи різального механізму. Відокремлення блок-порції здійснюється рухомим ножем, який переміщується по направляючій рамці та приводиться у рух кривошипно-шатунним механізмом із гідродвигуном. Механізм подачі забезпечує

пересування та орієнтацію ножа паралельно траєкторії руху за допомогою телескопічного важеля з опорним роликом і поворотного гідроциліндра. Така конструкція дозволяє утримувати корм у стабільному стані, запобігає осипанню стебел та зменшує механічне пошкодження кормового масиву, що сприяє збереженню харчової цінності силосу. Порівняльний аналіз із серійними механізмами іноземного виробництва показав, що розроблений механізм споживає в кілька разів менше енергії, при цьому забезпечує вищу продуктивність та збереження кормової маси. Застосування гідравлічного привода з компенсаційними штоками дозволяє автоматично регулювати навантаження на різальні органи залежно від неоднорідності кормового масиву, що знижує ризик поломок та підвищує надійність обладнання. Високий рівень технологічної гнучкості та енергоефективності робить механізм конкурентоспроможним та перспективним для впровадження у сучасних тваринницьких господарствах, де важливим є не лише збереження поживних речовин, а й економія енергоресурсів та скорочення часу на виконання операцій вивантаження.

Таким чином, розроблений інноваційний вирізний механізм забезпечує комплексне підвищення ефективності технологічного процесу вивантаження силосної маси, знижує енерговитрати, підвищує продуктивність та надійність роботи обладнання, а також дозволяє мінімізувати втрати поживних речовин під час згодовування кормів. Перспективними напрямами подальших досліджень є проведення експериментальних випробувань у виробничих умовах, дослідження впливу режимних параметрів гідропривода на якість роботи, оптимізація конструкції механізму з урахуванням енергоспоживання та зносостійкості, а також розробка автоматизованої системи керування процесом та оцінка економічної ефективності впровадження в тваринницьких господарствах.

Розробка та впровадження інноваційного вирізного механізму створює підґрунтя для широкого застосування сучасних енергоефективних та високотехнологічних рішень у кормовиробництві, сприяє підвищенню конкурентоспроможності аграрних підприємств і відповідає сучасним вимогам до збереження поживної цінності кормів і оптимізації технологічних процесів.

Список використаних джерел

1. Kuzmenko V. F., Veselovska N. R., Rutkevych V. S., Shargorodskiy S. A., Kholodiuk O. V. Modeling of an adaptive hydraulic drive system for the cutting mechanism of a stem feed loader. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine*). 2025. Vol. 12(2), pp. F1–F11.

2. Руткевич В.С. Адаптивний гідравлічний привод блочно-порційного відокремлювача консервованого корму. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* 2017. № 4 (99). С. 108–113.

3. Руткевич В., Остапенко О., Залогін Р. Підвищення ефективності роботи навантажувача з гідравлічним приводом вирізного механізму для вивантаження силосу із траншейних сховищ. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2024. №3(338). С. 109–114.

4. Руткевич В., Спірін А., Остапенко О. Конкурентоспроможність інноваційного вирізного механізму для вивантаження силосної маси із траншейних сховищ. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки.* 2025. № 357(5,2). С. 350–359.

УДК 631.362:664.8.037:631.147(477)

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ЛІНІЙ ПОВНОГО ЦИКЛУ ПЕРЕРОБКИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Руткевич В.С.
Вінницький національний аграрний університет

Волоський горіх є однією з найцінніших плодових культур України, яка має значний експортний потенціал завдяки високій харчовій, енергетичній та лікувальній цінності. Україна стабільно входить до п’ятірки найбільших світових виробників волоських горіхів, однак рівень внутрішньої переробки залишається низьким [1]. Переважна частина продукції експортується у вигляді неочищених горіхів у шкаралупі, що суттєво зменшує додану вартість кінцевого продукту та економічну ефективність виробництва. Основною причиною такої ситуації є відсутність вітчизняних високотехнологічних ліній повного циклу переробки, здатних забезпечити якісне сушіння, лущення, сортування, пресування олії та утилізацію відходів шляхом отримання пелет або біоактивних матеріалів.

Використання імпортного обладнання для післязбиральної обробки волоських горіхів, хоч і поширене серед вітчизняних підприємств, має низку технологічних, енергетичних та економічних недоліків [2]. Більшість закордонних технологічних ліній розроблено для сортів горіхів із відмінними фізико-механічними характеристиками, зокрема іншою товщиною шкаралупи, вологістю ядра та розміром плодів. Це призводить до нерівномірного сушіння, розтріскування шкаралупи, потемніння ядра, підвищення відсотка пошкоджених половинок і, як наслідок, втрати якості товарної продукції. Крім того, імпортне обладнання має високу вартість, що ускладнює його придбання малими та середніми господарствами, а також

потребує технічного обслуговування за участю іноземних спеціалістів, що збільшує експлуатаційні витрати.

Вітчизняний ринок сушильних і переробних комплексів для волоських горіхів перебуває на стадії формування [2, 3]. Існуючі рішення, як правило, мають обмежену продуктивність, відсутність гнучкої автоматизації, недостатній рівень енергоефективності та не забезпечують повного технологічного циклу переробки. Переважна більшість господарств здійснює лише первинну обробку - очищення та часткове сушіння, після чого горіх реалізується посередникам або експортується у сирому вигляді. Таким чином, втрачається значна частина потенційного прибутку, який можна було б отримати при виробництві високоякісного ядра, холодного віджиму олії, пресованих пелет із шкаралупи та активованого вугілля з відходів переробки.

Розроблення вітчизняних ліній повного циклу переробки волоських горіхів є стратегічно важливим напрямом інноваційного розвитку агропромислового комплексу [4, 5]. Такі лінії повинні охоплювати всі етапи технологічного процесу:

- попереднє очищення плодів від механічних домішок;
- низькотемпературне сушіння (до 40–45 °C) з використанням рециркуляції повітря, рекуперації тепла та автоматичного контролю вологості;
- лущення та калібрування ядра з оптичним сортуванням за кольором і формою;
- віджим олії холодним методом, що зберігає біоактивні речовини (вітамін Е, омега-жирні кислоти);
- переробку шкаралупи шляхом подрібнення та гранулювання у вигляді пелет для використання як біопалива;
- використання залишкових фракцій (перепонок, пилу, макухи) для виготовлення косметичних, фармацевтичних і кормових добавок.

Інноваційність запропонованого підходу полягає у поєднанні енергоощадних технологій сушіння, замкнутого циклу утилізації відходів та цифрового керування процесами. Впровадження автоматизованих систем на базі ПЛК (програмованих логічних контролерів) із датчиками температури, вологості та швидкості повітряного потоку дозволить підтримувати оптимальні режими сушіння та зберігати фізико-хімічні властивості ядра. Зоноване регулювання параметрів повітряного потоку у тунельних сушарках забезпечить рівномірне висушування плодів різних розмірів, що особливо актуально для змішаних партій горіхів, притаманних українським господарствам. Ефективне використання рекупераційних систем тепла дасть змогу повернути до 60–70 % енергії відпрацьованого повітря у процес сушіння, що суттєво знижує енергоспоживання та вартість кінцевого продукту. У поєднанні з використанням відновлюваних джерел енергії (сонячних колекторів або теплових насосів) такі лінії можуть

забезпечити автономність виробництва та екологічну сталість. Окремим напрямом є створення вітчизняних пресових установок для отримання олії з ядра волоського горіха, що має високу харчову цінність і попит на світовому ринку. Використання методу холодного пресування при температурі не вище 50 °C дозволяє зберегти поліфенольні сполуки, антиоксиданти та жирні кислоти, підвищуючи комерційну вартість продукту. Макуха після пресування може слугувати сировиною для виготовлення кормових білкових добавок або косметичних скрабів.

Переробка шкаралупи є важливою складовою екологічної безвідходності технологічного циклу. Завдяки високій щільності та теплотворній здатності шкаралупа волоського горіха може бути використана для виготовлення пелет і брикетів біопалива, що сприяє енергетичній незалежності агропідприємств. Крім того, при глибокій термообробці шкаралупи можна отримувати активоване вугілля для потреб харчової, хімічної та медичної промисловості. Такий підхід не лише зменшує обсяг відходів, але й формує додаткові джерела доходу для виробників. Впровадження вітчизняних ліній повного циклу дозволить створити замкнуту технологічну систему, у якій усі компоненти плодів волоського горіха будуть використані з максимальною ефективністю. Це відкриває можливості для диверсифікації виробництва, розвитку малих і середніх переробних підприємств, створення нових робочих місць і зменшення енергетичної залежності. Крім економічних вигод, створення таких ліній має стратегічне значення для зміцнення науково-технічного потенціалу України у галузі аграрного машинобудування. Розроблення власних конструкцій сушарок, пресів і систем сортування стимулює розвиток вітчизняних інженерних шкіл, сприяє локалізації виробництва та формуванню національних стандартів технологічного обладнання.

Створення вітчизняних технологічних ліній повного циклу переробки волоських горіхів є науково обґрунтованим і стратегічно необхідним напрямом розвитку українського агропромислового комплексу. Це дозволить забезпечити енергетичну та технологічну незалежність, підвищити якість і конкурентоспроможність вітчизняної продукції, розширити експортні можливості та сформувати екологічно сталу, безвідходну модель переробки. Інтеграція сучасних інженерних рішень - від енергоощадних сушарок і автоматизованих систем контролю до установок для віджиму олії та виробництва пелет - забезпечить комплексну переробку горіхів на внутрішньому ринку, сприятиме імпортозаміщенню й утвердженню України як виробника високоякісної горіхової продукції повного циклу.

Список використаних джерел

1. Ринок горіхів: географія продажів, експортери і виробництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://kurkul.com/spetsproekty/1215-rinok-gorihiv-geografiya-prodajiv-eksporteri-i-virobnitstvo (дата звернення 6.10.2025).

2. Руткевич В.С., Дідик А.М. Огляд методів та засобів для сушіння волоського горіха в шкарлупі. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки 2023. № 1 (317). С. 230–236.

3. Цуркан О.В., Спірін А.В., Руткевич В.С., Дідик А.М. Використання шкаралупи волоських горіхів в якості палива. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2024. № 6(1) (343). С. 429–433.

4. Цуркан О.В., Спірін А.В., Руткевич В.С., Дідик А.М. Застосування геліопідігрівачів повітря для попереднього зневоложення волоських горіхів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2024. № 6(1) (343). С. 424–428.

5. Стаднік М., Луц П., Руткевич В., Пушка О. Інноваційні підходи до підвищення конкурентоспроможності продукції волоських горіхів. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки. 2025. № 357(5,1). С. 401–407.

УДК 631.331

ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС У ВИСІВНОМУ АПАРАТІ

Мельник В.І., Зеленський О.П.
Державний біотехнологічний університет

Розглядаючи процеси, що відбуваються у висівному апараті, закони гідрогазодинаміки показують, що на фізичне тіло, яке знаходяться в області висівної камери, суттєво впливає значення швидкості повітряного потоку. Встановлено, значення швидкості повітряного потоку, що протікає через отвори диска, що висіває та протікає вздовж площини висівного диска, повинно перевищувати швидкість витання насіння. Аеродинамічні процеси, які протікають всередині висівного апарату складні, розподіл повітряного потоку носить неоднозначний характер і залежить від особливостей режимів роботи та конструкції камери, що висіває. При неприляганні насіння до отвору висівного диска виникає явище підсмоктування повітряного потоку та сприяє присмоктуванню іншого насіння. Вибір оптимального діаметра отворів, що присмоктує насіння, на висівному диску для певної культури, та дозволяє присмоктуватися по одному насінню, є важливим процесом.

Метою дослідження є: аналіз впливу властивостей насіння як на проектування так і на технологічний процес, що відбувається у висівному апараті.

Розглядаючи процес транспортування отворами висівного диска, що переміщаються з певною швидкістю, та забезпечує при цьому винесення насіння з купи, що надходить у камеру через вікно, що висіває встановлено: технологічний процес поведінки насіннєвого матеріалу у висівному апараті залежить від геометричних властивостей культури [1]. У зв'язку з цим, при проектуванні висівних апаратів одним із пріоритетних етапів досліджень є геометричні параметри насіння, що висівається. Знаючи форми та розміру насіння можливо більш якісно передбачити геометричні та конструктивні параметри висівного апарату: матеріал, форма та кути скосу камери висівного апарату, принцип дії, розміри висівного диска, розміри та кількість отворів висівного диска, швидкість повітряного потоку у висівній камері, швидкість обертання висівного диска, та інші параметри. Розглянемо характерні характеристики деяких культур таблиця 1 [1, 2].

Форма реальних частинок насіння різноманітна, кожна їх може бути виражена однією з просторових фігур стереометрії. Користуючись принципами геометричної подібності, будь-яку частинку, форму можна надати у вигляді кулі або близьку до неї із збереженням її об’єму та маси.

Таблиця 1

Розміри та форма насіння деяких культур

Культура	Довжина, a (мм)	Ширина, b (мм)	Товщина, c (мм)	Маса 1000 насінин (г)	Форма
Кукуруза	9–12	6–8	3–5	280–360	подовжена, асиметрична
Соняшник	4–12	6–10	4–8	90–100	еліпсоїдна (насіння з гострою-закругленою формою)
Горох	7–11	5–11	5–11	150–400	округла-субсферична
Соя	5.5–8.5	5–7	4–6	180–220	округла, ізометрична

Тоді діаметр частинки довільної форми можна визначити, виходячи з формули, виведеної для частинки у формі прямого паралелепіпеда:

$$d_{eqv} = 1.24 \cdot \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c} \quad (1)$$

де a – довжина, b - ширина, c – товщина, вимірювані параметри насіння.

Пневматичні висівні апарати вакуумного типу забезпечують недостатню рівномірність висіву насіння, може виникати таке явище як пошкодження висівного матеріалу. У процесі експлуатації, відбувається

природне зношування, висівного апарату та всієї пневматичної системи. Встановлені недоліки в конструкції висівних апаратів дозволяють визначити шляхи вдосконалення конструкцій, а також засобів контролю нестійкого процесу висіву [3]. Аналіз технологічного процесу висівного апарату сприяє проведенню теоретичних досліджень. Процес пересування насіння всередині апарату, що висіває, описується складними рівняннями динаміки. Для математичного моделювання висівного апарату потрібно використовувати досвід, та напрацювання технологічних процесів різних дослідників. Щоб розібратися в основних моментах, що задовольняють безумовне прилипання зерна до отвору диска, що висіває, потрібно прийняти деякі припущення: присмоктуючи отвори на висівних дисках мають круглу форму; отвори, що присмоктують, рівномірно розташовані по колу диска, та центри їх знаходяться на однаковій відстані від центру диска; швидкість обертання висівного диска розглядаємо рівномірною та постійною; підготовлене насіння за своїм складом є однорідно вирівняне; насіння підпирається до поверхні диска й при його обертанні шари насіння переміщаються вздовж поверхні диска; центр ваги кожного зерна вважаємо постійним, що лежить у центрі кулі.

Висновок. Присмоктування насіння до отвору диска відбувається в безпосередній до близькості всмоктуючого потоку повітря, але в міру віддалення від поверхні прилипання де різко падає швидкість повітря. Таким чином виникає вимога максимального наближення насіння, що висівається, до отворів, що присмоктують.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л.В. Сільськогосподарські машини : підручник. К. : Агроосвіта, 2015. 678 с.

2. Baker S.J. Technology and sowing. Science and practice. / Baker S.J., Saxton K.E., Ritchie W.R. [2nd ed.]. New York, Cab International, 2002. 264 p.

УДК 631.331

АНАЛІЗ ДОЗУВАННЯ НАСІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ

Мельник В.І., Зеленський А.П.
Державний біотехнологічний університет

За результатами посіву, використовуючи агротехнічні норми, оцінюють якість процесу. Виникає необхідність проведення посівної кампанії в найкоротші терміни за оптимальних кліматичних умов зокрема для просапних культур, оскільки швидкість машинотракторного агрегату

впливає на загальну витрату палива, оплату праці тощо. Встановлено у 70–80 роки минулого століття, що просапні сівалки якісно здійснюють посів на швидкостях до 9 км/год. Збільшення швидкості вище цієї межі тягне за собою появу нерівномірних сходів. Візуальна оцінка якості посіву здійснюється, якщо борозна відкривається та закривається без значного переміщення ґрунту, а також забезпечується постійна ширина рядків та глибина борозен. Такий результат посіву, на сучасних сільськогосподарських машин, можливо здійснити за рахунок застосування анкерних сошників і котків, що прикочують на кожній висівній секції, і це дозволяє збільшити швидкість пересування по полю зі швидкістю до 15 км/год.

Метою дослідження є аналіз: факторів, що впливають на процес висіву насіння висівним апаратом надлишкового тиску та конструкції.

Експериментально були визначені фактори, що впливають на якість висіву насіння, до них відносять такі фактори:

– швидкість руху машинотракторного агрегату (сівалки);
– частота обертання висівного диска;
– тиск - розрядження в насіннєвій камері апарату;
– діаметр центру отворів висівного диска;
– діаметр присмоктуючих отворів висівного диска;
– фізико-механічні властивості насіння, що висіваються;
– рівень заповнення бункера висівного апарату;
– форма отворів дозуючих елементів висівного диска та інші.

Л.В. Гячев та В.А. Богом'яких запропонували модель опису руху зернового потоку, як опис структурної динаміки сипучих тіл, в умовах гравітаційного чи вібраційного переміщення, що використовується для аналізу поведінки та переміщення сипучих середовищ на похилих площинах [1,2].

Запропонована модель описує сипуче тіло як двофазне середовище, що складається з:

– зони спокою (або нерухомої маси) - нижня частина сипучого шару, в якій частинки перебувають у стані спокою або роблять дуже малі зсуви (пружно-в'язка поведінка, пластичність, фрикційні зв'язки);

– зони течії (рухлива зона) - верхня частина, де зерна активно переміщуються під дією зовнішніх сил (гравітації, вібрації, інерції тощо).

Рівномірність розподілу насіння при сівбі по довжині рядка (точність посіву) залежить від багатьох факторів: кута установки висівного апарату (ВА) – φ, швидкості руху сівалки – v_{seeder}, а також величини розрідження – ΔP, притягує насіння до диска в пневматичних камерах, що висівають.

У науковій літературі, багато авторів, розглядають процес висіву пневматичним висівними апаратами сипучих тіл, та підводять до визначення аналітичної залежності, що включає в себе необхідне

розрідження в камерах висівних апаратів, що забезпечує надійне захоплення насіння висівним диском, і переміщенням його до вікна скидання. Однак слід зазначити, що, розглядаючи процес висіву, необхідно робити деякі припущення [3,4].

Для отримання високого врожаю просапних культур, збільшивши швидкість посіву при цьому дотримуючись агротехнічних норм, тягне за собою умову для господарств – мати посівну техніку посіву високої якості з дотриманням оптимальних термінів.

Поставивши перед собою цю мету на кафедрі агроінженерії університету зайнялися вивченням та теоретичною розробкою нової конструкції пневматичної сівалки на базі посівної секції сівалки Vega-8 Profi АТ«Эльворті» та висівного апарату СУПН-8, рис. 1.

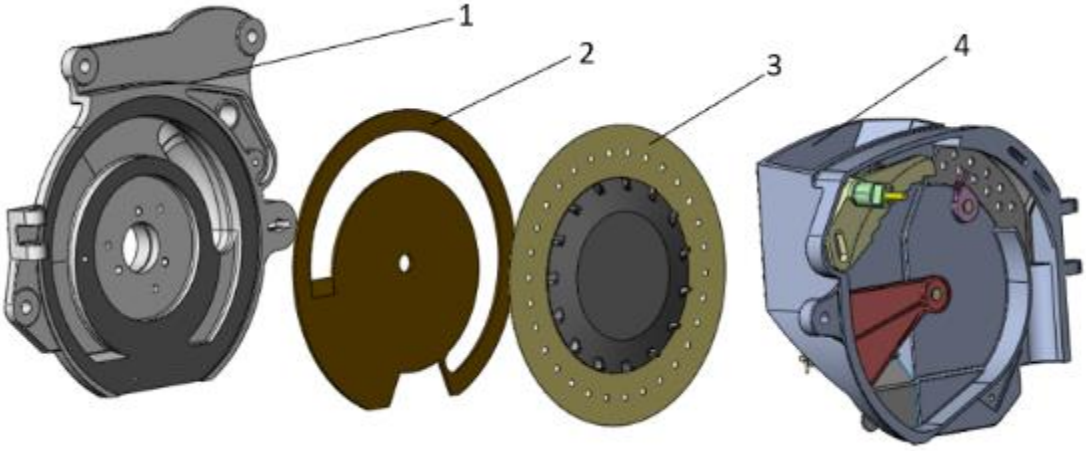


Рис. 1. Деталі досліджуваного висівного апарату: 1 – кришка – корпус; 2 – прокладка; 3 - висівний диск; 4 – кришка – корпус

Умовно технологічний процес висіву насіння пневматичними апаратами, що висівають, розділили на чотири етапи. До першого етапу віднесли створення насіннєвого потоку в бункері, що забезпечує надійне переміщення насіння до отворів, що присмоктують. Другий етап – це присмоктування насіння до отвору диска, що висіває. Третій етап – це винесення й транспортування насіння, що присмокталося, до місця скидання, а четвертий етап – це скидання, від'єднання насіння від диска (присмоктуючих отворів).

Висновок, викладена схема процесу висіву насіння вказує на тісний взаємозв'язок етапів посіву та в кінцевому підсумку визначає кількісну та якісну рівномірність попадання насіння в розкриту сошником борозну та дає можливість більш детально підійти до вивчення, модернізації та розробки конструкції висівного апарату.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л.В. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич [та ін.] ; За ред. Д. Г. Войтюка. – К. : Агроосвіта, 2015. 678 с.

2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Х. : Око, 2001. Т.1. – Ч. 2: Машини для сівби та садіння, 2001. 452 с.

3. Розробка пневмомеханічного апарата точного висіву з активною коміркою спрямованої дії. Монографія / А.І. Бойко, П.С. Попик. – ТОВ «Видавничо- поліграфічний дім «ФОРМАТ», 2017. 162 с.

4. Свірень М.О. Висівні апарати сівалок. – Кіровоград, 2004 р. 160 с.

УДК 631.171.075.3

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОШАРОВОГО РОЗПОДІЛУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Мовчан Д.А., Холодюк О.В.
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. В Україні значні площі відведено під технічні культури, зокрема: соняшник – 4,73 млн га, сою – 2,08 млн га, ріпак – 21,4 тис. га. Основна частина вирощеної продукції переробляється безпосередньо в межах країни.

Останніми роками спостерігається зниження їх урожайності, що зумовлено аномальною спекою, нестачею вологи в осінньо-зимовий період та в критичні фази росту й розвитку сільськогосподарських культур. Серед інших чинників - зменшення використання органічних добрив, постійне застосування відвального обробітку ґрунту, інтенсивне вирощування монокультур (наприклад, соняшник після соняшнику) та нерозумне внесення мінеральних добрив. Усе це призвело до деградації ґрунтів, накопичення збудників хвороб і зменшення кількості продуктивної ґрунтової біоти. Тому, щоб запобігти подальшому виснаженню ґрунтів, усі зусилля слід спрямувати на збереження та покращення ґрунтово - вбирного комплексу, забезпечення його здатності утримувати мікро, мезо та макроелементи, вологу й протидіяти вимиванню поживних речовин. Одним із основних шляхів досягнення цього є раціональне внесення мінеральних добрив, що передбачає їх застосування саме в ті періоди, коли це є найбільш необхідним для рослини. Проте, традиційні методи внесення часто не забезпечують оптимального використання добрив, що може призводити до їх неефективного використання, вимивання та забруднення навколишнього середовища, водночас постійне здорожчання добрив змушує аграріїв шукати інші підходи для їх внесення. Одним із таких підходів є різноглибинне внесення яке дозволить за один прохід внести добрива у різні шари ґрунту. Це, у свою чергу, дозволить зменшити кількість проходів агрегату по полю та підвищити ефективність використання добрив, оскільки

рослина в період росту та розвитку отримає необхідну кількість поживних речовин вчасно, що, сприятиме підвищенню її урожайності та якості.

Основні матеріали дослідження. Соняшник є стратегічною культурою України. Площі його посівів на 2024 рік становили 4,73 млн га, а середня урожайність була на рівні 2,1 т/га. Для формування такої урожайності рослині необхідно засвоїти приблизно 60 кг/га азоту (N), 32 кг/га фосфору (P_2O_5) та 50 кг/га калію (K_2O). Зважаючи на високу вартість добрив і стан ґрунтів, постає питання ефективності їх використання. Однак сучасні дослідження не завжди здатні точно врахувати тонкі варіації вмісту поживних речовин між шарами ґрунту та складні взаємозв'язки між їх розподілом і ростом кореневої системи. Також існують труднощі в оцінюванні впливу різної глибини внесення добрив на розвиток і розгалуження кореневої системи соняшнику.

У статті [1] китайські дослідники порівняли ефективність внесення азотних добрив на глибину 5, 15 та 25 см і дійшли висновку, що внесення добрив на глибину 15 см забезпечує підвищення урожайності соняшнику на 9,44%, а коефіцієнт засвоєння азоту зростає на 5,40%. Така глибина сприяє кращому розвитку та більшій щільності кореневої системи - відповідно на 11,95% і 16,42% порівняно з внесення азотних добрив на 5 см та 25 см. Натомість поверхневе удобрення призводить до підвищення концентрації нітратів у верхньому шарі ґрунту та їх вимивання тоді як глибше внесення добрив збільшує їх вміст у нижчих шарах [1].

У іншій статті [2] було проведено трирічний польовий експеримент (2018–2020 рр.), основною метою якого було вивчення впливу різної глибини локалізації мінеральних добрив на врожайність соняшнику. У експериментальній схемі порівнювалися дві форми добрив - суміш добрив та комплексні добрива, а також три варіанти глибини їх внесення: 10–12 см, 20–22 см та одночасно у два шари (10–12 см і 20–22 см). Добрива розташовувалися на відстані 4 - 5 см від насіння, а норма внесення становила 60 кг/га для кожного елемента (N, P, K). Максимальна врожайність соняшнику була досягнута при внесенні суміші добрив на глибину 20 - 22 см та при внесенні комплексних добрив у два шари. Перевага двошарового внесення порівняно з поверхневим спостерігалася кожного року на рівні значущості 95%, а приріст урожайності коливався від 0,5 до 1,08 т/га [2].

Висновки. Глибина внесення азотних та комплексних добрив для успішного вирощування соняшнику повинна коливатися в діапазоні 15–22 см. Різноглибинне внесення добрив дозволяє заощадити матеріальні ресурси, запобігти вивітрюванню та вимиванню поживних речовин, а також повністю забезпечити рослину мікроелементами протягом періоду росту та розвитку. Подальші дослідження та впровадження нових технологій у цій галузі можуть стати запорукою сталого розвитку сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Рен В., Лі С., Лю Т., Чень Н., Сінь М., Лю Б., Ці Ц., Лі Г. Вплив глибини внесення добрив на урожайність соняшнику та використання азоту:

погляд крізь призму сумісності поживних речовин ґрунту і кореневої системи. *Front. Plant Sci. 15:1440859.* doi: 10.3389/fpls.2024.1440859

2. Смиченко В., Гладких Є., Мірошниченко М. Вплив глибини внесення добрив на живлення та врожайність соняшнику. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans, 2021, 24 (1), С. 323-245.*

УДК 631.3

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЗАГЛИБЛЮВАНІСТЬ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Ляшенко С.В.
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Глибина обробітку ґрунту – головний технологічний параметр при дискуванні. Недотримання глибини обробітку може вплинути на зниження врожайності, та призвести до перевитрати енергії.

Більшість вітчизняних і зарубіжних дискових знарядь виконують обробіток у екстремальних умовах роботи, коли ґрунт характеризується підвищеною твердістю, диски не заглиблюються на задану глибину.

Цей факт призводить до багаторазових проходів по полю, руйнування ґрунту рушіями енергетичних засобів, перевитрати палива. Відомо, що заглиблюваність дисків залежить від багатьох факторів: навантаження на диск, його геометричних параметрів та розташування його у ґрунті.

Навантаження на диск є одним із найбільш суттєвих факторів, що визначають заглиблювальну здатність дискової борони та лущильників.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз вітчизняних дискових борін показує, що навантаження на один диск становить 50…60 кг при ширині захвату 2…3 м і близько 130…140 кг при 6…8 м. Це свідчить про відсутність орієнтації розробників на оптимальне навантаження, оскільки підвищення маси на диск у широкозахватних боронах зумовлене ускладненням конструкції рами та наявністю додаткового обладнання.

Борони зарубіжного виробництва характеризуються меншим навантаженням на диск (40…70 кг), що пояснюється легшими ґрунтовими умовами. Водночас такі фірми, як Lemken, Rabe, Salford, Kuhn, Krause, випускають важкі моделі з діаметром дисків 600…700 мм і навантаженням до 200 кг для обробітку важких ґрунтів на глибину до 20 см. [1, 2].

На дискових плугах діаметром до 850 мм навантаження на диск має бути 500…600 кг [3].

Для підвищення заглиблюваності дискових робочих органів виробники борін і лущильників передбачають використання додаткового баласту для регулювання навантаження залежно від ґрунтових умов. Зокрема, застосовують заповнення рами водою, установлення масивніших втулок або індивідуальних вантажів на кожен диск у системах з плаваючим копіюванням рельєфу. Баласт розміщують таким чином, щоб забезпечити рівномірний розподіл навантаження на всі диски.

Зі зносом ріжучої кромки зменшується здатність диска до заглиблення, що потребує збільшення вертикального навантаження за рахунок додаткового баласту. На заглиблюваність впливають конструктивні параметри диска (діаметр, сферичність, товщина, кут загострення), кути його орієнтації у ґрунті (атаки та нахилу), а також швидкість руху агрегату. Серед властивостей ґрунту найбільший вплив мають твердість, вологість, липкість, засміченість і наявність пожнивних решток.

Мета досліджень. Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей впливу конструктивно-технологічних параметрів дискових робочих органів а саме кута загострення на їх заглиблюваність у ґрунт у процесі експлуатації. Завдання досліджень полягає у науковому обґрунтуванні оптимальних значень параметрів загострення леза диска, що забезпечують стабільну роботу дискових агрегатів, мінімальні енергетичні витрати та високу якість обробітку ґрунту в різних умовах його фізико-механічного стану.

Результати досліджень. Лезо диска може мати внутрішнє або зовнішнє загострення. Внутрішнє загострення усуває затильний тиск на фаску, тоді як зовнішнє ускладнює заглиблення диска через появу негативних затильних тисків навіть на малих глибинах. Розроблено методику розрахунку ширини фаски для обох типів загострення. Відповідно до цієї методики при зовнішньому загостренні ширина фаски $b_н$ дорівнює:

$$b_н = \sqrt{R^2 \cdot \sin^2 i + 2R\delta + \delta^2} - R\sin i \qquad (1)$$

де R – радіус сфери;

i – кут загострювання;

δ – товщина диска

Кут загострювання i визначається між дотичними, проведеними, з вершини кута загострювання, до зовнішньої та внутрішньої поверхні сфери диска на його діаметральному горизонтальному перерізі.

$$i = \arcsin \frac{\sqrt{(R+\delta)^2 - R^2}}{R+\delta} \qquad (2)$$

При внутрішньому загостренні ширина фаски $b_в$ дорівнює:

$$b_в = (R+\delta)\sin i \qquad (3)$$

де δ – товщина матеріалу диска, мм.

Якщо прийняти величину радіусу сфери в перерізі диска на рівні глибини обробітку $a = 100\,мм$ через $R_a = 600\,мм$, то отримаємо такі результати: $i = 7{,}8^0$, $b_н = 38\,мм$ і $b_в = 87\,мм$. При таких значеннях ширини фаски диск легко заглиблюється в ґрунт і ефективно перерізає пожнивні залишки, проте значне зменшення товщини на довжині робочої кромки призводить до інтенсивного абразивного зношування та зменшення діаметра диска. Такі фаски допустимі лише за суттєвого підвищення міцності та зносостійкості матеріалу.

Кут загострення леза дисків i рекомендується для борін і лущильників в межах 10°...20° [4]. Якщо прийняти цю рекомендацію, то ширину фаски можна знайти з розгляду перерізу диска лише на рівні його заглиблення. Для варіанта диска з внутрішнім загостренням розглянемо (рис. 1, а) трикутник АВС, в якому $\angle A = 0{,}5\pi - i$ з якого відповідно до теореми косинусів:

$$a^2 = b^2 - c^2 - 2b\cos\alpha \tag{4}$$

Враховуюче, що $a = R$, $c = R + \delta$, $\angle A = i$

$$r^2 = (r+\delta)^2 + b - 2(r+\delta)b\cos\alpha \tag{5}$$

де b – ширина фаски.

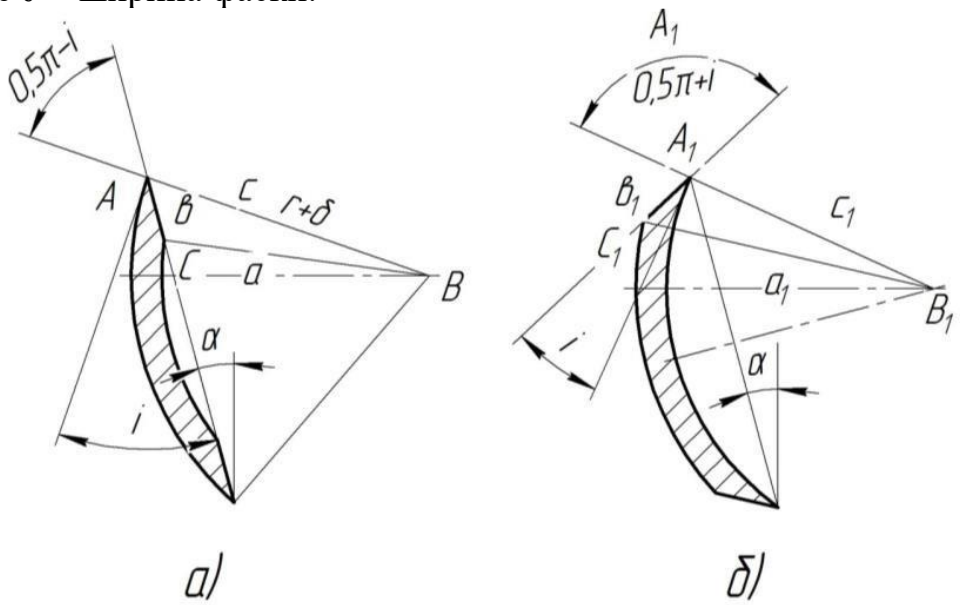


Рис. 1. Схема загострювання диска: а – внутрішнє загострювання; б – зовнішнє загострювання

Після нескладних перетворень із останнього виразу отримаємо:

$$b_в = (r+\delta)\sin i - \sqrt{(r+\delta)^2 \sin^2 i - 2r\delta - \delta^2} \tag{6}$$

Для варіанта із зовнішнім загостренням (рис. 1 б) з трикутника $A_1B_1C_1$ при аналогічному рішенні отримаємо:

$$b_н = -r\sin i \pm \sqrt{r^2 \sin^2 i + 2r\delta + \delta^2} \quad (7)$$

Висновок. У результаті дослідження встановлено, що заглиблюваність дискових робочих органів визначається сукупністю їх конструктивно-технологічних параметрів, режимів роботи та фізико-механічних властивостей ґрунту. Оптимальне поєднання цих факторів забезпечує стабільну глибину обробітку, зменшення енергетичних витрат і підвищення ефективності функціонування ґрунтообробних машин.

Список використаних джерел

1. Raheman, H.; Sarkar, P. Tillage Machinery-Passive, Active and Combination; Springer Nature: Berlin, Germany, 2024; 184p. [Google Scholar] [CrossRef]

2. Syromyatnikov, Y. N., Sokolova, V. A., Ivanov, A. A., Kalimullin, M. N., Karnaukhov, A. I., Tikhonov, E. A., & Orekhovskaya, A. A. (2022, November). Justification of the shape of the tillage disk for local loosening of the soil. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2767, No. 1, p. 020015). AIP Publishing LLC.

3. Tukhtakuziyev, A., Ishmuradov, S. U., & Abdumajidov, R. B. (2021, October). Researching the parameters of the disc plough and its smooth run throughout the tillage depth. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 868, No. 1, p. 012058). IOP Publishing.

4. Н.Р. Веселовська, С.А. Шаргородський, В.С. Руткевич. Методи конструювання робочих органів сільськогосподарських машин. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт. Вінниця: ВНАУ, 2020. 90 с.

УДК 631.3:620.178.16:621.9.048

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Куликівський В.Л., Бистрицький Б.П., Сенчило М.В., Халімовський С.А.
Поліський національний університет
Руденко В.Г., Веремій Т.Б.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

При польових роботах більшість знарядь механічно взаємодіє з ґрунтом, а тому схильна до абразивного, ударного та корозійного зносу. У статистиці відмов робочих органів зношування є основною причиною втраченого ресурсу: у сучасних умовах 80–90 % відмов деталей сільськогосподарських машин пов’язано саме зі зносом [1]. Через зношування робочі органи змінюють форму й геометрію та потребують частого ремонту, що підвищує собівартість обробітку ґрунту. Підвищення

зносостійкості та створення конструкцій з більшою довговічністю – одна з найактуальніших задач інженерії.

Науковці пропонують кілька стратегій підвищення зносостійкості: використання зносостійкіших матеріалів, оптимізація конструкції робочих органів, а також застосування різноманітних методів поверхневого зміцнення – від традиційних термічних і хіміко–термічних обробок до сучасних методів лазерного наплавлення, електроіскрового зміцнення й вакуумних покриттів [2]. Крім того, перспективним напрямом є створення самозагострювальних робочих органів, що забезпечують сталість форми протягом усього ресурсу [1].

Нижче наведено детальний огляд типових робочих органів ґрунтообробних машин, їх конструктивних особливостей і матеріалів, а також сучасних методів підвищення зносостійкості.

У ґрунтообробних машинах використовуються різні робочі органи залежно від виду обробітку. Основні знаряддя характеризуються різними процесами взаємодії з ґрунтом (розрізання, підривання, кришіння та перевертання) і, відповідно, зазнають різних видів зносу.

Леміш – різальна частина корпусу плуга, що розрізає ґрунт. Класичний леміш підрізає шар на глибину 8–12 дюймів (20–30 см) і повністю перевертає його, закриваючи до 85 % пожнивних решток. Знизу леміш працює в найбільш агресивному середовищі, тому виготовляється з середньовуглецевої сталі із товщиною 8–10 мм; у деяких конструкціях передбачені змінні носки. Полиці плуга виготовляють із легованої сталі чи чавуну, вони відповідають за перевертання шару. Лемішне полотно часто комплектують зварними або змінними різальними пластинами (рис. 1).

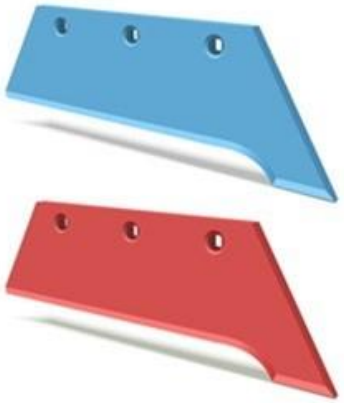


Рис. 1. Леміш.

Дискові борони або короткі дискатори застосовуються для подрібнення та перемішування поверхневого шару ґрунту. Сферичні диски (рис. 2) з зубцями широко використовуються, оскільки вони інтенсивно взаємодіють із ґрунтом і краще подрібнюють рослинні рештки. Номінальний діаметр дисків змінюється від 400 до 660 мм; основним

елементом зносу є край диска. Зубчасті диски ефективніше утримують різальний ефект, але їх складніше виготовляти та відновлювати. Для дисків типово застосовують сталі марок 30G, 50G, 65G або леговані хромисті сталі.

Рис. 2. Вирізний сферичний диск.

Стрілчаста лапа культиватора (рис. 3) зрізає бур'яни і кришить верхній шар ґрунту. Ширина лапи становить 100–300 мм. Для зменшення тягового опору та підвищення само-заточування пропонуються лапи із зубчастим профілем або з точковим зміцненням: наплавлені краплинні валики формують хвилясту різальну кромку, що забезпечує рівномірний знос і самозагострювання [1, 4]. Лапи виготовляють із пружинної сталі 60С2А, 65Г або 30MnB5; товщина зазвичай 4–6 мм.

Рис. 3. Стрілчаста лапа культиватора.

Чизельні лапи (рис. 4) мають вузькі долота, що розпушують ґрунт без перевертання. Для глибокого розпушування застосовують підривники (ріпери) із масивними зубцями. Основні елементи – долото і носок – розраховані на високі ударні навантаження, тому виготовляються з борованих сталей (30MnB5, 27MnB5) та інколи оснащуються твердосплавними вставками. Термін служби доліт залежить від глибини та типу ґрунту. Ножі ротаційних культиваторів і фрез (рис. 5) працюють у режимі багатократних циклів зігнення та удару, тому конструкція повинна забезпечувати одночасно високу зносостійкість і в'язкість. Для

виготовлення використовують боровані сталі, інколи загартовані 50Г чи 55С2, з наступною високочастотною обробкою краю. Зношені ножі найчастіше замінюють, але існують технології відновлення наплавленням.

Рис. 4. Робоча секція чизеля: 1 – стійка, 2 -долото, 3 – зуб, 4 – крило.

Рис. 5. Фреза культиватора Husqvarna TF 545P.

Підбір матеріалу є базовим елементом забезпечення довговічності. Наукові джерела виділяють декілька груп матеріалів для робочих органів ґрунтообробних машин [3]:

1. Вуглецеві та пружинні сталі. Середньовуглецеві сталі (наприклад, 45, 50Г), а також пружинні сталі 60Si2Mn та 65Г застосовують для лемешів, лап культиваторів і зубів борін. Лемішна група зазвичай має поверхневе зміцнення або локальну гартування. Дослідження демонструють, що для

підвищення зносостійкості ці сталі зварюють наплавленням твердих сплавів або зміцнюють індукційною термообробкою.

2. Боровані та марганцеві сталі. Сучасні плуги й підривники виготовляють із борованих сталей типу 30MnB5, 22MnCrB5, які після термообробки мають високу твердість і добру гартівність. Фізичні випробування показали, що термічно оброблена сталь 22MnCrB5 має у три рази вищу опірність абразивному зносу, ніж необроблена. Високомарганцеві сталі (Hadfield steel) використовують для деталей, що працюють з ударами (наприклад, ланцюгові пластини), оскільки вони здатні до зміцнення в процесі роботи.

3. Леговані сталі з хромом і нікелем. Для дискових борін рекомендуються хромисті сталі 38CrA, 40Cr, 45Cr, Cr12 або багатокомпонентні сплави 12CrNi3A, 17CrG2CFP, 08C18Ni10Ti. Хромісте та нікелеве легування підвищує твердість і корозійну стійкість.

4. Твердосплавні матеріали та композиційні сплави. У високонавантажених зонах використовують твердосплавні пластини (карбіди вольфраму, хрому, титану). Дослідження показують, що спечені тверді сплави на основі TiC–VC–WC/NiCr мають низький коефіцієнт тертя (0,46–0,62) й перспективні як матеріали для плужних лемешів та ножів культиваторів. Пластини карбіду вольфраму можуть збільшувати строк служби робочих органів у 8 разів порівняно з традиційними деталями.

5. Чавун та литі сплави. Для полиць плуга і молотків кормодробарок застосовують ковкий або високоміцний чавун, який забезпечує високу абразивну стійкість і прийнятну в’язкість. У середовищах з агресивними домішками (піскові ґрунти) використовують борований чавун.

Найбільшого поширення набули наступні методи підвищення зносотійкості: оптимізація конструкції, підбір та модифікація матеріалу, поверхневе зміцнення та покриття, композиційні та наноструктурні покриття та інтегральні підходи та комбіновані технології.

Оптимізація конструкції:

а) Збільшення товщини і застосування змінних елементів. Одним із простих способів продовження ресурсу є збільшення товщини матеріалу в зонах максимального зносу та використання змінних ріжучих елементів (носок лемеша, різальна пластина). Змінні леза дозволяють швидко відновити працездатність і зменшують витрати на ремонт.

б) Самозаточувальні конструкції. Застосування точкового наплавлення чи зубчастого профілю на кромці лемеша або лапи формує хвилясту форму різальної кромки. Під час роботи несучий шар інтенсивно спрацьовується, а наплавлений твердий сплав сповільнює знос, що створює пилкоподібну або хвилясту форму леза і забезпечує самозаточування. Така конструкція зменшує питоме навантаження на кромку й істотно знижує тяговий опір.

в) Біонічний підхід. Актуальним напрямком є використання природних прототипів (лапи гнойового жука, зуби броненосця) для оптимізації геометрії. Наприклад, лопаті культиватора з шипами, спроектованими за аналогією з кінцівками жука, знижували тяговий опір на 16,5 % і забезпечували кращу подрібнюваність ґрунту. Біонічні конструкції також зменшують налипання ґрунту на робочі поверхні.

Підбір та модифікація матеріалу:

1) Легування та термічна обробка. Вибір сталей із бором, хромом, ванадієм, марганцем та іншими елементами дозволяє збільшити гартівність та абразивну стійкість. Термічна обробка (гартування, відпуск, об'ємна та поверхнева індукційна обробка) забезпечує потрібну структуру. Наприклад, борована сталь 22MnCrB5 після гартування показує втроє менший знос, ніж необроблена. Газове карбонітрування плужного лемеша 30MnB5 зменшувало знос на 14,6 % порівняно з традиційною термообробкою.

2) Використання твердих сплавів та вставок. Застосування твердосплавних вставок (напаюваних пластин з карбіду вольфраму, хрому) суттєво підвищує ресурс. За даними виробників, шар напаяних пластин дозволяє подовжити строк служби деталів до 8 разів і економити кошти за рахунок зменшення простоїв. Твердосплавні інсерти ефективні на носках лап та доліт.

3) Композиційні матеріали. Розробляються композиційні сплави (наприклад, TiC–VC–WC/NiCr), що мають низький коефіцієнт тертя й можуть працювати у поєднанні з легованими сталями, зменшуючи коефіцієнт тертя до 0,46–0,62. Такі сплави перспективні для виготовлення повних лемешів або вставок.

Поверхневе зміцнення та покриття [3]:

а) Наплавлення та напайка. Традиційне рішення – наплавлення зносостійких шарів у зонах, що найбільше зношуються. Плазмове або індукційне наплавлення сплавом ПС-14-60 з додаванням карбіду бору (6 % B_4C) знижувало інтенсивність спрацювання носкових ділянок лемеша в 1,7–1,8 раза порівняно з базовою технологією. Точкове або краплинне наплавлення створює хвилясто-ступінчасту кромку, яка забезпечує самозаточування. У промисловості широко застосовується плазмово-порошкове наплавлення (PTA) та напайка готових твердосплавних пластин: така технологія забезпечує металургічне з'єднання й збільшує ресурс деталі, хоча є дорогою.

б) Покриття з твердих сплавів (обсадка, накладні пластини). У німецькій агротехніці популярні напаяні пластини з карбіду вольфраму. Вони паяються на заготовку та забезпечують відмінну зносостійкість; контур деталі зберігається протягом тривалого періоду. Недоліки – висока вартість і обмежена застосовність на кам'янистих ґрунтах.

в) Електроіскрове та електрофрикційне зміцнення. Електроіскрове зміцнення дозволяє наносити зносостійкі краплини твердого сплаву під дією іскрового розряду. У польових випробуваннях диски борони з 65Г сталі, зміцнені електричним розрядом з одночасним заточуванням під кутом 30°, мали в 1,76 разу більшу зносостійкість і зберігали самозаточування протягом 178 га роботи. Електрофрикційне зміцнення (EFT) полягає у пропущенні струму високої щільності через контакт між інструментом і електродом. В дослідженнях для лемешів L53 сталі середня твердість покриття після EFT становила 786 HV 0.1, що більш ніж утричі перевищує твердість основи, а ресурс плужних лез збільшився на 12–14 % порівняно із серійними, обробленими індукційним наплавленням.

4. Хіміко-термічна обробка. Газове карбонітрування та борування застосовують для плужних лемешів і ножів: обробка формує зміцнену поверхню товщиною 0,2–1 мм і підвищує твердість до 58–62 HRC. Польові тести показали, що газове карбонітрування лемешів 30MnB5 зменшує знос на 14,6 %, а об’єм спрацювання – на 24,6 %. Лазерне гартування та лазерне наплавлення створюють локальні зміцнені ділянки, що формують пилкоподібну кромку і знижують тяговий опір.

5. Фізичне та хімічне осадження покриттів. Тонкі покриття з TiN (фізичне осадження з парової фази), Cr, Ni або композиційних NiCrBSi сплавів забезпечують твердість 1000–1500 HV і значно зменшують абразивний знос. У польових випробуваннях лемеші з покриттям TiN мали кращу зносостійкість, ніж покриті хромуванням або нікелюванням.

6. Електролітичне і плазмове зміцнення. Електролітно-плазмова обробка і електроіскрове легування формують тонкі (50–100 мкм) тверді шари на сталевій основі. Переваги — низька витрата матеріалу і можливість локального зміцнення; недоліки — відносно невисока товщина і потреба у спеціалізованому обладнанні.

Наноструктуровані покриття на основі NiCrBSi та карбідів отримують шляхом вакуумного наплавлення або лазерного легування. Спресовані карбідні частинки підвищують твердість до 1500 HV і забезпечують ресурсоутривалий шар. Перспективні також покриття на основі HVOF (high velocity oxy-fuel), які знижують коефіцієнт зносу більш ніж у 30 разів, порівняно з необробленим металом [3].

Найбільш ефективні програми відновлення і зміцнення робочих органів поєднують кілька методів. Наприклад, комбіноване застосування індукційного наплавлення з подальшим електрофрикційним зміцненням дозволяє спочатку утворити товстий шар сплаву, а потім ущільнити його, отримуючи високі значення твердості і щільності структури. Комбінування борованих сталей із наплавленими твердосплавними вставками забезпечує баланс між вартістю та довговічністю. Важливо також враховувати селективність зносу: різні ділянки лемеша або лапи зношуються з різною інтенсивністю, тому доцільним є диференційоване зміцнення [3].

Ґрунтообробні машини оснащуються лемішами, полицями, дисками, стрілчастими лапами, чизельними долотами й ротаційними ножами. Кожен тип має свої конструктивні особливості та умови зносу. Сучасні робочі органи виготовляють з середньовуглецевих пружинних і борованих сталей (30MnB5, 22MnCrB5), хромистих і марганцевих сталей, чавуну, а також з композиційних твердосплавних матеріалів. Вибір матеріалу враховує співвідношення твердості і в'язкості, а також економічні аспекти.

Поверхневе зміцнення є ключовим резервом підвищення ресурсу. Наплавлення твердих сплавів, напайка карбідів, газове карбонітрування, лазерне та електрофрикційне зміцнення, а також PVD-покриття значно знижують інтенсивність зношування. Наприклад, електрофрикційне зміцнення підвищує твердість до 786 HV і збільшує ресурс лез на 12–14 %, а застосування напаяних пластин із карбіду вольфраму може збільшити строк служби до восьми разів.

Ефективне підвищення зносостійкості повинно поєднувати оптимальну геометрію, правильний вибір матеріалу та сучасні технології поверхневого зміцнення. Селективне зміцнення зон з високим зносом, використання само-заточувальних конструкцій та біонічних принципів дозволяє підвищити продуктивність ґрунтообробних машин при мінімальних затратах енергії.

Таким чином, поєднання нових матеріалів, інноваційних технологій зміцнення та конструктивних вдосконалень забезпечує значне продовження ресурсу робочих органів і сприяє економічній ефективності сучасного землеробства.

Список використаних джерел

1. Aulin V., Warouma A., Borak K. Amélioration de la résistance à l'usure des outils de travail des machines aratoires à disques. Journal of Applied Biosciences. 2014. 83:7545– 7553. http://dx.doi.org/10.4314/jab.v83i1.7.

2. Кобець А.С., Пугач А.М. Методи і способи підвищення зносостійкості робочих органів культиваторів. Вісник Дніпропетровського державного університету. 2010. № 1. С. 61-63.

3. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

4. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

УДК 631.331

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДОЗУВАЛЬНИХ СИСТЕМ РОТАЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА НА ЯКІСТЬ ПОШАРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ

Ратушний В.В., Вітрух П.І., Косовець Ю.В.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН
Онищенко Б.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Якість пошарового оброблення насіння значною мірою визначається узгодженістю роботи дозувальних систем, які забезпечують подачу рідких і порошкових препаратів у зону формування покриття. Від точності дозування, стабільності потоку та рівномірності розподілу компонентів залежить не лише ефективність дії препаратів, але і однорідність утворюваної захисно-стимулювально-живильної оболонки. Недосконалість дозувальних механізмів застосовуваних препаратів призводить до коливань концентрації робочих речовин, надлишкових витрат препаратів і зниження якості оброблення насіння. Сучасні вимоги до технологій протруювання насіння передбачають не лише високу точність дозування, а й безпечність процесу для довкілля та оператора, мінімізацію втрат препаратів і можливість автоматизованого регулювання подачі залежно від характеристик насіння та властивостей робочих сумішей. Таким чином, актуальним є створення ефективних дозувальних систем для ротаційних протруювачів, здатних забезпечувати стабільну, контрольовану та екологічно безпечну подачу препаратів у процесі пошарового оброблення насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз сучасних наукових праць свідчить, що технологія пошарового нанесення препаратів у ротаційних протруювачах періодичної дії має значний потенціал для розвитку та промислового впровадження [1–4]. Серед основних напрямів удосконалення – підвищення точності дозування більш ефективних і екологічних препаратів, покращення рівномірності розподілу препаратів і зниження їх витрат. Досягнення цих цілей можливе шляхом розроблення нових конструкцій дозаторів та оптимізації параметрів їхньої роботи.

Мета досліджень. Експериментально оцінити вплив дозувальних систем подачі препаратів у ротаційному протруювачі на якість пошарового оброблення насіння та визначити раціональні режими їхньої роботи.

Результати досліджень. На основі розробленої конструкційної схеми ротаційного протруювача періодичної дії з установленим у камері оброблення насіння вертикальним ротором, на який подаються насіння та компоненти хімічних препаратів, що послідовно наносяться на насіння,

виготовлено експериментальний зразок протруювача для пошарового оброблення насіння захисно-стимулювально-живильними препаратами (рис. 1). Агрегати для дозування рідких і порошкових препаратів виконано окремими модулями для кожного препарату, що наноситься на насіння. Для визначення характеристик подачі препаратів проводили серію експериментів із відеореєстрацією процесу, подальшим покадровим аналізом і вимірюванням витрати матеріалів.

Рис. 1. Загальний вигляд експериментального зразка ротаційного протруювача насіння

Результати цих досліджень представлено графічною залежністю подачі робочої рідини (рис. 2) насоса-дозатора перистальтичного типу від частоти обертання його вала.

Встановлено, що подача робочої рідини росте зі збільшенням частоти обертання вала насоса-дозатора, при цьому визначено, що середнє значення подачі робочої рідини від 14,5 мл/с за частоти обертання вала насоса-дозатора 110 об/хв до 19,0 мл/с за частоти обертання вала насоса-дозатора 150 об/хв. Середнє значення питомої подачі порошкових препаратів становить 2,5 г/об за частоти обертання вала дозатора 150 об/хв.

Оцінювання якості обробленого насіння проводилося шляхом відбору проб на виході з робочої камери протруювача. Критерієм оцінки якості оброблення насіння був відсоток якісно обробленого насіння. Повноту оброблення препаратом кожної окремої насінини визначали з використанням комп’ютерної програми, яка порівнювала фотознімки дослідних насінин з фотознімком еталонних насінин. За даними

експериментальних досліджень встановлено, що повнота оброблення насіння інтенсивно зростає протягом перших 10 с перемішування насіння в робочій камері , досягаючи за цей час потрібного значення у 80 %.

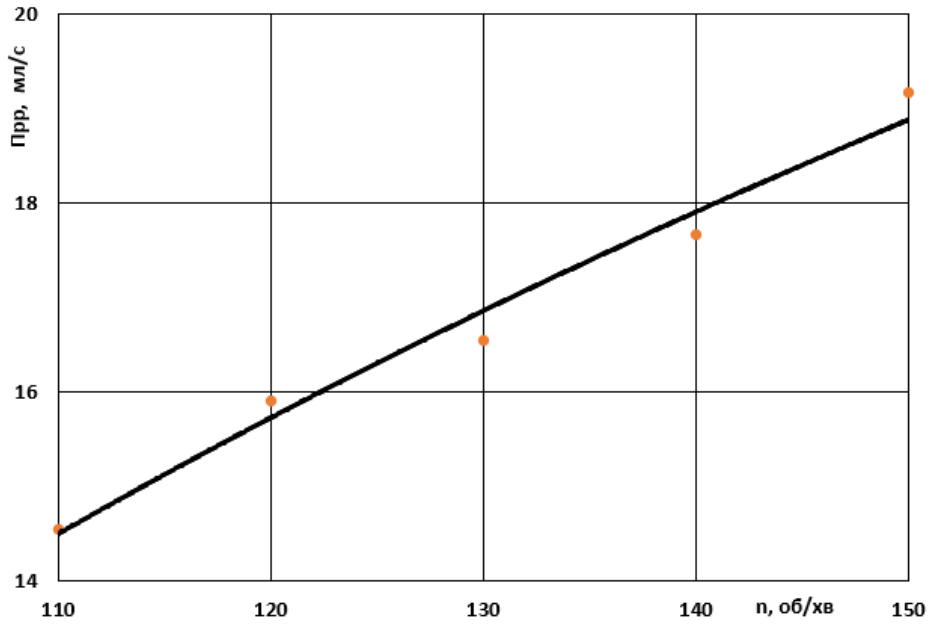


Рис. 2. Залежність подачі робочої рідини насоса-дозатора перистальтичного типу від частоти обертання його вала

Висновки. Експериментально підтверджено, що якість пошарового оброблення насіння суттєво залежить від стабільності та точності роботи дозувальних систем. Визначено раціональні режими подачі, за яких забезпечується формування рівномірного покриття насіння за мінімальних витрат препаратів. Інтенсивне підвищення повноти оброблення насіння спостерігається впродовж перших 10 с перемішування, після чого цей показник сягає значення не менше 80 %.

Список використаних джерел

1. MultiCoater// Products Coating. URL: https:// www.petkus.com/products/-/info/coating/multicoater-cm-100/multicoater-cm-100 (дата звернення: 23.09.2025).

2. Centricoater Automatic // Product Overview. URL: https:// www.cimbria.com/en/products/processing/centricoater.html (дата звернення: 23.09.2025).

3. Ратушний В.В., Вітрух П.І., Косовець Ю.В. Експериментальні дослідження якості пошарової обробки насіння сільськогосподарських культур. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний збірник / ІМА АПВ НААН. – Глеваха, 2024. – Вип. 4 (118). – С. 72-77.

4. Ратушний В.В., Вітрух П.І., Косовець Ю.В. Експериментальні дослідження дозувальної системи рідких препаратів протруювача для

пошарового оброблення насіння. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний збірник / ІМА АПВ НААН. – Глеваха, 2024. – Вип. 5 (119). – С. 51 – 60.

УДК 631

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВИСОКОТОЧНИХ СІВАЛОК НА СХОЖІСТЬ ТА РІВНОМІРНІСТЬ РОЗМІЩЕННЯ НАСІННЯ В УМОВАХ ЗМІННОЇ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ

Сисоліна І.П.
Центральноукраїнський національний технічний університет

Ефективність сучасного рослинництва значною мірою залежить від якості посіву, зокрема від точності розміщення насіння. Для реалізації концепції точного землеробства (Precision Agriculture) критично важливо забезпечити ідеальне просторове розміщення насіння (відстань, глибина) для максимізації врожайності. Динамічні режими роботи сівалок, особливо швидкість руху, та фізико-механічні властивості ґрунту, насамперед вологість, є ключовими факторами, що впливають на кінцевий результат - схожість та врожайність.

Високоточні сівалки дозволяють досягти високої рівномірності при низьких швидкостях, але їх ефективність знижується при переході до динамічних (високих) режимів роботи.

Вологість ґрунту є основним чинником, що впливає на капілярний підйом води, утворення ґрунтового ложа та контакт насіння з вологою, що безпосередньо визначає схожість [1].

Змінна вологість по полю створює різні умови для формування насіннєвого ложа, посилюючи вплив динамічних навантажень.

Динамічний режим (підвищена швидкість) посилює вібрації та впливає на час падіння насіння в насіннєпроводі, збільшуючи коефіцієнт варіації відстаней між насінинами.

Змінна вологість змінює щільність ґрунту та його здатність до ущільнення, що впливає на фактичну глибину загортання при постійному тиску на сошник.

До культур з високими вимогами до рівномірності належать такі як кукурудза, соняшник. При їх посіві швидкість руху агрегату застосовується або низька (5-7 км/год), або середня (9-11 км/год), швидкість 13-15 км/год. вважається високою. Оцінкою якості посіву є вимірювання коефіцієнта варіації інтервалів між насінинами та відсотка пропусків/двійників на полі з

різною вологістю. Картування вологості ґрунту до та під час посіву може здійснюватися за допомогою TDR-сенсорів або зондового аналізу.

При розгляді впливу динамічних режимів на ключові показники якості посіву необхідно підходити комплексно.

Зростання швидкості при низької вологості (сухий ґрунт) призводить до збільшення відскоку насіння від стінок борозни та зниження точності через утворення пилу та нерівномірне закриття борозни; при високій вологості (мокрий ґрунт) - до наростання налипання ґрунту на сошник та прикочуючі колеса, що спричиняє нестабільну глибину та погіршує роботу висівної секції (забивання).

На високих швидкостях та при сухій погоді прикочування може бути недостатнім, що призводить до втрати вологості насіннєвим ложем і, відповідно, до зниження польової схожості.

Схожість насіння (S) є функцією багатьох змінних.

Вплив швидкості (v) та вологості (W) є взаємопов'язаним. Наприклад, при високій швидкості (v↑) та надмірній вологості (W↑) відбувається не тільки розкид насіння, але й забивання сошників налиплим ґрунтом, що веде до просівів та ще більшого погіршення рівномірності.

Цей комплексний вплив можна описати за допомогою поверхні відгуку, отриманої з багатофакторного регресійного аналізу. Модель може мати вигляд полінома другого порядку:

$$S(v,W)=\beta 0+\beta 1v+\beta 2W+\beta 3v2+\beta 4W2+\beta 5vW$$

де βi - коефіцієнти регресії, що визначаються експериментально. Член β5vW відображає саме синергетичний ефект, тобто негативний вплив високої швидкості значно посилюється при відхиленні вологості від оптимальних значень. Аналіз цієї моделі дозволяє визначити оптимальне "вікно" робочих швидкостей для кожного конкретного стану ґрунту, щоб максимізувати схожість.

На високих швидкостях на мокрому ґрунті можливе формування ущільненого дна борозни або бічних стінок, що перешкоджає нормальному розвитку кореневої системи.

Збільшення швидкості на нерівному мікрорельєфі (особливо на ґрунті середньої вологості) викликає підскоки висівного агрегату, що порушує стабільність подачі насіння та створює випадкові пропуски або скупчення.

Для досягнення максимальної схожості та рівномірності розміщення насіння необхідно розглядати систему "сівалка-насіння-ґрунт" як єдиний динамічний комплекс.

Отже, основними, на наш погляд, шляхами оптимізації є:

Використання активних прикочуючих коліс зі змінним тиском для оптимального контакту насіння з ґрунтом незалежно від його вологості та швидкості сівби.

Оптимізація вимагає впровадження адаптивних систем, які автоматично коригують параметри посіву, забезпечуючи рівномірну

схожість та просторове розміщення насіння по всьому полю [2]. Створення системи зворотного зв'язку, де вбудовані датчики вологості/щільності ґрунту в режимі реального часу коригують швидкість руху, тиск сошників та/або глибину закладання насіння.

Застосування карт завдань (Task Maps), створених на основі попереднього картування вологості, для диференційованого регулювання швидкості агрегату та норми висіву.

Список використаних джерел

1. Схожість насіння як один із важливих показників [Електронний ресурс] // syngenta.ua. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.syngenta.ua/news/novini-kompaniyi/shozhist-nasinnya-yak-odiniz-vazhlivih-pokaznikiv

2. Сисоліна І.П., Сисоліна Н.П. Стратегічні напрями управління інноваційним розвитком агробізнесу в умовах цифрової економіки // Socio-economic transformations and priorities for innovative development in the context of digitalisation and globalisation : Scientific monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024. 728 p. PP. 421-441 DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-448-1

УДК 631

СИСТЕМА ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Горобець Я.М., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М., Горовий М.В.
Сумський національний аграрний університет

Виробництво зерна в Україні традиційно є основною і вельми значущою галуззю сільськогосподарського виробництва, від розвитку якої до певної міри залежить продовольча безпека населення країни. Найважливішою ланкою в багатоскладовому ланцюжку виробництва зерна і найбільш напруженою і відповідальною операцією є збирання, яке є завершальною операцією в технології вирощування сільськогосподарських культур. Ефективність його проведення залежить перш за все від досконалості і надійності використаних зернозбиральних комбайнів [1].

Система очищення зернозбирального комбайна призначена для відокремлення зерна від домішок та сміття, складається з дошки, що струшує, решітного стану (верхнього і нижнього), вентилятора і шнеків для виведення очищеного зерна і незлущеного матеріалу. Ворох скидається на струшуючу дошку, потім повітря від вентилятора просіває його на решітках, де відокремлюються легкі домішки, а важке зерно збирається для

подальшого використання, тоді як сміття та незлущені колосся вирушають на повторну обробку.

Так для кращого очищення зернової маси в комбайні New Holland використовується система Opti-Fan™, що підвищує загальну продуктивність системи очищення зерна до 30% за особливо складних умов збирання, яка контролює частоту обертання вентилятора системи очистки, а саме зменшується під час руху комбайна схилами вгору, що запобігає втратам зерна, і збільшується під час спусків, що запобігає скупченню матеріалу занадто щільним шаром на решетах [2].

В комбайнах Claas використовується система очищення зернового матеріалу Jet Stream. Дана система працює з технологією Roto Plus і дозволяє збільшити пропускну здатність за рахунок продування каскадів. Дана система працює під час попереднього очищення зерна.

В роботі 4 науковцями було досліджено вплив швидкості руху комбайна на процес очищення зібраного врожаю від домішок. Також було описано недоліки які можна віднести засмічення ротора обводненою стернею та засмічення очисних шківів у невеликих оберемках унаслідок надмірного подрібнення рослинних решток під час пересушування.

В науковій роботі 5 доведено, що незважаючи на способи збирання зернових культур проблема своєчасного і якісного очищення зібраного збіжжя під час прямого комбайнування залишається актуальною. Для комплексного вирішення питання підвищення якості очистки комбайном зерна в розрізі даної роботи запропоновано розширити діапазон регулювання варіатора, вдосконалити існуючий механізм привода вентилятора та встановити в очистку подовжену пальцеву решітку. Проведений аналіз представлених результатів та їх обробка дозволив обґрунтувати раціональні значення факторів, що дозволять досягти найвищої якості очищення зернового вороху зернозбиральним агрегатом [5].

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна / Техніка /. 30.05.2016. URL: https://agroelita.info/tehnolohiji-zbyrannya-zerna-vybir-pravylnoho-kombajna/ (дата звернення: 03.09.2025).

2. Коваленко А. Інноваційна система підвищує продуктивність очищення зерна на 30%. Сайт AgroTimes.ua. Журнал “The Ukrainian Farmer”. Техніка /. 28.06.2022. URL: https://agrotimes.ua/tehnika/produktyvnist-ochyshhennya-zerna-mozhna-pidvyshhyty-na-30-zi-speczialnoyu-systemoyu/ (дата звернення: 17.09.2025).

3. Система очищення зернової маси Claas Jet Stream. Сайт https://traktorist.ua/ Біржа сільгосптехніки. Головна / Технології / Стаття.

18.10.2019. URL: https://traktorist.ua/technologies/1137-sistema-ochischennya-zernovoyi-masi-claas-jet-stream (дата звернення: 18.09.2025).

4. Ігнатенко С. В. Обгрунтування параметрів та удосконалення конструкції системи очисника зернозбирального комбайна CASE : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр» : 208, Агроінженерія / Ігнатенко Сергій Вікторович ; наук. керівник Теслюк Г. В. ; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т , Інженерно-технологічний ф-т , Каф. тракторів і сільськогосподарських машин. – Дніпро, 2023. – 73 с. – Режим доступу : https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/8806.

5. Іщенко, М. С. Удосконалення комбайна класичної схеми обмолоту з дослідженням системи очистки зерна : кваліфікаційна магістерська робота : спец. 133 «Галузеве машинобудування» / наук. кер. С. М. Лещенко ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 72 с.

6. Васянович І. В. Розробка процесу збирання зернових культур з модернізацією системи очистки зернозбирального комбайна : кваліфікаційна робота : спец. 208 «Агроінженерія» / Поліський нац. ун-т, каф. агроінженерії та технічного сервісу ; наук. кер. Дерев'янко Д. А. – Житомир, 2023. – 55 с.

УДК 631

ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Ткаченко А.М., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

Дослідження машин для внесення добрив стосуються розробки, тестування та удосконалення техніки, яка забезпечує точне та рівномірне внесення органічних, мінеральних (гранульованих, порошкоподібних) та рідких добрив. Основні напрямки досліджень включають оптимізацію конструкції агрегатів, розробку систем для точного дозування та розподілу, а також удосконалення методів регулювання норми внесення добрив для досягнення високої агротехнічної ефективності та запобігання нерівномірності розподілу добрив на полі.

Авторами [1] наведено результати експериментального дослідження машини для внесення мінеральних добрив з відцентровим дисковим робочим органом, причом осі даних дисків розташовані похило. Така конструкція робочого розкидального органу дає можливість покращити показники розкидання матеріалу на більшу відстань, якщо порівнювати з розкидачами, які мають вертикальну вісь обертання. В результаті проведених ними експериментальних досліджень встановлено, що

відцентрові дискові розкидачі добрив, вісь яких розміщена похило, надійно забезпечують виконання технологічного процесу при зміні частоти обертання його диска від 600 до 1000 об/хв та зміні кута встановлення диска до горизонту від 0° до 30°. Найкращі показники внесення добрив як за шириною захвату, так і за рівномірністю внесення добрив забезпечуються при куті нахилу диска нового робочого органу до горизонтальної площини в межах 25^0-30^0 [1].

Науковцями Raju Lokapure та Jitendra Shinde [3] запропоновано конструкцію машини для розкидання добрива. Дана розробка являє собою автоматизовану машину для розкидання добрив, яка можу бути адаптована для фермерського господарства. Авторами запропонована схема розкидальної машини з її робочими органами та зроблені відповідні розрахунки: швидкості агрегату, його розміри, об’єм контейнера, площі яку може обробити машина та інші інженерні розрахунки.

У роботі [4] представлені результати статистичного моделювання з використанням експериментальних результатів, отриманих з машиною для розкидання органічних добрив, що має розкидальний пристрій, що складається з вертикальних гвинтових роторів. Розкриті статистичні моделі втілені у функціях, що пов'язують вхідні параметри, параметри керування та вихідні параметри процесу для оцінки якостей машини та оптимізації робочого процесу. Також показано глобальні якісні результати, а також профілювання деяких методів дослідження на експериментальних групах, що характеризуються різними наборами значень розглянутих параметрів робочого режиму [4].

Основною причиною низької якості розподілу добрив розкидальними машинами більшість дослідників вбачають значний вплив на технологічний процес зовнішніх випадкових факторів: рельєфу поля, швидкості та напрямку вітру, вологості, пружного, фрикційного, гігроскопічного та гранулометричного складу добрив. Тому вдосконалення технологічного процесу розкидання добрив, з метою забезпечення заданої рівномірності їх розподілу по поверхні поля в умовах реального функціонування, є актуальним науково-практичним завданням. Для усунення цих недоліків пропонується авторами даної статті новий розкидальний робочий орган [5].

В роботі 6 авторами запропоновано методи дослідження впливу напрямку та сили вітру на результат рівномірності та ширини внесення мінеральних добрив. Проведено дослідження експериментального зразка відцентрового розкидача мінеральних добрив у польових умовах. Представлено запропоновану конструкцію роторного робочого органу, конструктивні особливості якого дозволяють покращити рівномірність розсіювання мінеральних добрив [6].

В статті 7 авторами проведені пріоритетні експериментальні дослідження роботи машини для внесення твердих органічних добрив MG 5. У статті є представлення експериментальних результатів, деяких

висновків та попередження кількох теоретичних або теоретико-емпіричних напрямків досліджень. Авторами було зображено фото розкидача добрив спереду та збоку під час виконання технологічної операції; наведено параметри дослідження та їх фізичні розміри; методику розрахунку в табличному процесорі Excel; значення статистичної оцінки; гістограми розподілу матеріалу в залежності від його маси; значення ширини розкидання робочим органом та ступінь його подрібнення та наведені різні залежності [8].

Отже внесення добрив є майже головним чинником під час отримання високих врожаїв при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Список використаних джерел

1. Bulgakov, Volodymyr & Adamchuk, Oleh & Kuvachov, Volodymyr & Babyn, Ihor. (2020). Experimental research of the process of application of mineral fertilizers by a new centrifugal working body. Vibrations in engineering and technology. 5-14. 10.37128/2306-8744-2020-3-1.

2. Bulgakov, V. & Adamchuk, Ostap. (2020). The results of experimental research and testing of a machine for surface application of mineral fertilizers with inclined centrifugal scattering devices. Mehanization and electrification of agricultural. 10-18. 10.37204/0131-2189-2020-12-1.

3. Lokapure, Raju & Shinde, Jitendra. (2025). Design of Fertilizer Spreading Machine. 47. 226-228.

4. Cardei, Petru & Stefan, Vasilica & Popa, Lucretia & Ciuperca, Radu. (2019). Statistical models for the working process carried out by the organic fertilizer spreading machine / Modele statistice pentru procesul de lucru, realizat de către maşina pentru administrat îngrăşăminte organice. 10.35633/INMATEH-58-13.

5. Ponomarenko, Nataliya & Yaropud, Vitalii & Lepet, Yevhen. (2020). Research of constructive-technological parameters of working body for scattering bulk materials. Engineering, Energy, Transport aic. 95-102. 10.37128/2520-6168-2020-3-10.

6. Kobets, A.S. & Ponomarenko, N.A. & Kobets, O.M. & Tesliuk, H.V. & Kharytonov, Mykola & Yaropud, V.M.. (2019). Study of fertilizer spreader centrifugal type under field conditions. INMATEH - Agricultural Engineering. 57. 253-260.

7. Stefan, Vasilica & Sfîru, Raluca & Popa, Lucretia. (2019). Experimental results on the solid organic fertilizer machine MG 5. E3S Web of Conferences. 112. 03007. 10.1051/e3sconf/201911203007.

8. Stefan, Vasilica & Cardei, Petru & Popa, Lucretia. (2019). Experimental results on the solid organic fertilizer machine MG 5. 10.13140/RG.2.2.33695.61607.

УДК 631

ОГЛЯД РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Семітко Р.О., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

Внесення добрив є невід'ємною частиною майже у всіх технологіях вирощування сільськогосподарської продукції (культури).

Використання органічних добрив дозволяє покращити структуру верхнього родючого шару ґрунту, його повітропроникність здатність утримувати вологу тим самим забезпечувати здоров'я ґрунту. Грудкуватий грунт стає більш пухким; немало важливе утримання вологи особливо необхідне в посушливих районах.

Для живлення рослини всіма необхідними елементами вносять мінеральні добрива, які призводять до кращого росту, цвітіння та збільшення врожайності. Внесення мінеральних добрив може як покращити якість врожаю (стійкість проти хвороб, шкідників під час несприятливих умов), так і, при неправильному використанні, погіршити (закислення, погіршення грунтових процесів та інше). Мінеральні добрива, які вносять в грунт використовуються рослинами для росту.

Тому для довгострокового підтримання родючості ґрунту рекомендується використовувати як мінеральні, так і органічні добрива.

Оптимальна система застосування добрив дуже важлива для отримання запланованої врожайності та необхідної якості врожаю. Щоб використання добрив було максимально ефективним, важливо вибрати правильне джерело, правильний метод, правильний час і правильну норму внесення (система 4-х правил внесення добрив). Популярні способи внесення добрив: внесення одночасно з чизелюванням /глибокорозпушуванням; стартове внесення (у рядок, смугами та розкидання із загортанням у ґрунт); підживлення – розкидання/розливання по поверхні ґрунту; підживлення – внесення у ґрунт (SideDressing); позакореневе підживлення – обприскування; внесення з поливною водою – фертигація [1].

Для внесення як органічних так і мінеральних добрив використовують розкидачі, які обладнується різними розкидальними робочими органами. Робочі органи машин для внесення добрив бувають різноманітними і залежать від типу добрива: для твердих органічних добрив це переважно ланцюгово-барабанні або шнеково-дискові системи, а для твердих мінеральних добрив - відцентрові диски, шнеки та маятникові механізми (рис. 1).

Рис. 1. Розкидальні робочі органи машин для внесення добрив

Вітчизняний виробник сільськогосподарської техніки випускав розкидачі органічних добрив РУМ-15. Даний агрегат навішувався на трактор 150 к.с., мав два великих ротори, при допомозі яких розкидалась фракція органічного добрива на 15 метрів з кожного боку. Даний агрегат, навішений на трактор, передньою частиною, при допомозі механізму навіски, згрібав у валок (при допомозі двох боковин та похилої стінки) потім рухаючись далі сформований валок потрапляв під механізм розкидання (розташовані позаду трактора два чотирьохлопатевих ротори).

Наступним виробничим підприємством є ТОВ «Оріхівсільмаш», яке займається сільськогосподарським машинобудуванням і випускає машини для внесення добрив (рис. 1). Так для внесення мінеральних добрив випускає розкидачі РМД-500; РМД-1000 та РМД-3000. Дані розкидачі працюють з тракторами класу тяги 80 і вище, мають дозу внесення 20….1750 кг на гектар при частоті обертання ВВП 540 об/хв. Для внесення органічних добрив, таких як торф, компост, гній (різних сортів) дане підприємство випускає розкидач органічних добрив РОУ-6. Даний чотирьохколісний розкидач має місткість кузова 3,6 м^3, високу транспортну швидкість та велику ширину розкидання, яка становить майже 8 метрів. Агрегат (розкидальні барабани) приводиться в рух при допомозі карданної передачі, яка приєднується до ВВП трактора. Встановлені позаду два барабани виконують подрібнювальну та розкидальну функції.

Волинська фондова компанія пропонує сільськогосподарським підприємствам України розкидачі як мінеральних так і органічних добрив. UNIA TYTAN призначений для транспортування і суцільного поверхневого внесення твердих органічних добрив – гною, торфу і компосту та ін. Велика вантажопідйомність забезпечить ефективність і комфорт під час роботи, а також заощаджує витрати палива. 4-х шнековий вертикальний адаптер гарантує рівномірне розкидання гною на ширину 6-8 м. 2-х шнековий

вертикальний адаптер з двома тарілками внизу дозволяє розкидати на ширину до 12 м як гній, так і дефекат, торф [3]. Дані моделі розкидачів випускаються з бункерами 20 тон (TYTAN 20), 24 тони (TYTAN 24), 30 тон (TYTAN 30) та навіть 36 тон (TYTAN 36).

Розкидач добрив Kverneland моделі: CL GEOSpread; TL GEOSpread 3900; Exacta HL 3900; Exacta CL. Даний розкидач має дисковий розкидальний апарат. Так розкидач Exacta TL GEOspread має можливість використовуватись в системі точного землеробства (активувавши систему GEOcontrol) машина буде автоматично змінювати норму внесення згідно з електронною картою-завданням, при цьому місця перекриття розсіювання виключаються, оскільки ширина розкидання буде змінюватися також автоматично (посекційно, ступенями по 2 метри) [3]. Даний розкидач має можливість змінювати кількість добрив, яке подається на диск, при зміні ширини розкидання. Дана функція дозволяє витримувати точну норму внесення на одиницю площі.

Модель Exacta CL поставляється також з дистанційним управлінням Exacta II і управлінням швидкості Exacta Speed II (контролер завдання швидкості руху в залежності від застосування). За допомогою дистанційного керування Exacta II можна управляти розкидачем з закритої кабіни трактора. Пульт управління забезпечує всі функції для запуску і зупинки розкидача, для задання необхідної швидкості внесення і для збільшення або зменшення швидкості внесення в процесі роботи.

Також дана компанія надає аграріям розкидачі добрив ZEUS 32 ELT+W та ZEUS 32 ELT, які навішуються на задню навіску трактора. Дані розкидачі серії ZEUS виробництва CAVALLO-EUROSPAND (Італія) мають автоматичну систему заданої норми внесення, незалежно від швидкості їх руху, а також інтегровану систему зважування (модель ELT+W). Розкидач мінеральних добрив UNIA MXL Premium має два розкидаючих диски, систему дозування «SDS», яка при допомозі зміни швидкості обертання дозуючого шнеку змінює норму внесення тим самим відбувається висока точність дозування. Причіпні розкидачі добрив UNIA серії RCW PLUS та RCW мають два опорних великих колеса та гідравлічний привід стрічкового транспортера. Дані розкидачі за бажанням обладнуються спеціальним комп’ютером SUPERIOR, що гарантує підтримання заданої дози незалежно від швидкості руху. Агрегат обладнаний Розкидаючими дисками (два комплекти дисків) і диск для роботи по краю.

Отже використання машин для внесення добрив дозволяє покращити якість ґрунту та збільшити врожайність.

Список використаних джерел

1. Орлов О. Ефективність різних добрив та особливості їх застосування. «Агроном» - журнал про сучасне вирощування сільськогосподарських культур. Сайт https://www.agronom.com.ua/. Головна / Публікації / Добрива. 09.01.2023. URL:

https://www.agronom.com.ua/efektyvnist-riznyh-dobryv-ta-osoblyvosti-yih-zastosuvannya/ (дата звернення: 09.09.2025).

2. Думич В., Мазурак М., Львівська Філія Укрндіпвт Ім. Л. Погорілого. Машини для внесення твердих міндобрив. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Статті/ Механізація АПК. 08.07.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/14334-mashyny-dlia-vnesennia-tverdykh-mindobryv.html (дата звернення: 08.09.2025).

3. Розкидач органічних добрив UNIA TYTAN (Унія). Сайт Волинської фондової компанії. Https://vfc.com.ua/ua/. Головна / Каталог товарів / Сільськогосподарська техніка / Розкидачі добрив / Розкидачі органічних добрив / UNIA. URL: https://vfc.com.ua/catalogue/silskogospodarska_tehnika/rozkidachi/od/unia-159.html (дата звернення: 08.09.2025).

УДК 631

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ

Шелудченко В.А., Горовий М.В., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

На сьогоднішній день у сільському господарстві головним джерелом поживних речовин є корма. Вони надають організму енергію, вуглеводи, жири, білок, вітаміни які є важливі для розвитку, росту та продуктивності. Якість кормів безпосередньо впливає на молочну і м'ясну продуктивність великої рогатої худоби, швидкість відгодівлі свиней, несучість птиці. Отже, правильна організація кормової бази виступає фундаметом стабільного розвитку тваринництва.

Корми поділяють на декілька груп:

1. Зелені корми, до яких належать свіжі багаторічні й однорічні трави, кукурудза, люцерна;
2. Грубі корми, такі як сіно, солома та полова;
3. Соковиті корми — це силос, сінаж, коренеплоди, гарбузові культури;
4. Концентровані корми, включаючи зернові, комбікорми та білково-вітамінні добавки.

Будь-яка група кормів виконує свою важливу функцію: зелені корми слугують основою раціону влітку; грубі сприяють забезпеченню організму клітковиною та активізують роботу шлунково-кишкового тракту; соковиті

є джерелом вуглеводів і мінералів; концентровані забезпечують тварин енергією і білком.

Одним із ключових параметрів для оцінки є висота зрізу культур. Для багаторічних бобових трав вона складає 5–7 см, для злакових трав — 6–8 см, а для кукурудзи на силос — 10–15 см. Дотримання цих вимог допомагає зберігати кореневу систему рослин і сприяє їх повторному відростанню. Висота зрізу також впливає на чистоту корму, зменшуючи вміст домішок землі та піску, що, у свою чергу, покращує якість корму та збереження його поживнихречовин.

Заготівля кормів формується з таких кількох послідовних механізованих операцій.

1. Скошування.

Скошування є першим і дуже важливим етапом у заготівлі кормів. Воно виконується за допомогою спеціалізованих косарок:

- сегментно-пальцьові косарки (КС-2,1, КПС-5Г): різання відбувається завдяки руху ножів у сегментах. Такі косарки прості у використанні та економічні, однак поступаються в продуктивності;
- ротаційні косарки (Wirax Z-069/2, КРН-2,1, SIP Disc): ріжуть траву за допомогою швидко обертових дисків із ножами. Ці пристрої ідеально підходять для обробки густих і високих трав;
- косарки-плющилки (КПВ-3,0; Claas Disco; FC 3125 F (з різальним апаратом OPTIDISC ELITE та Поліуретановими роликами SQUAREFLEX); KUHN FC 3161 TCR; Demi-mix 3000; Harmak DML-250): окрім зрізання, вони оснащені плющильними апаратами (бітерного чи вальцевого типу), які прискорюють висихання трави та зменшують втрати при зберіганні.

2. Ворушіння.

Цей етап дозволяє забезпечити рівномірне підсихання зеленої маси та унеможливити її зігрівання. Для ворушіння використовують:

- ворушилки-валкоутворювачі (ГВК-6, Claas Volto, SIP Spider);
- роторні ворушилки з пружинними зубцями, які ефективно розподіляють траву по полю.

Головними робочими органами таких машин є зубчасті граблини й пружинні пальці, що забезпечують рівномірне розкидання маси.

3. Згрібання.

Щоб утворити валки, зручні для наступного етапу збору й транспортування, виконують згрібання за допомогою таких агрегатів:

- граблі-валкоутворювачі (ГВР-6,5, SIP Star, Claas Liner; UNIA RAK 1 (Унія); ГВВ-6,0; SIPMA PT 670 SALSA; SIPMA ZK 650 WIR; KRONE Swadro; MKE MAGNUM);
- колісно-пальцьові граблі типу «Сонечко» (ГПВ-6).

Робочі елементи цих машин включають колеса з пружинними зубцями або ротори з пальцями. Якісне формування валків запобігає втратам поживних речовин і забезпечує ефективний процес підбирання.

4. Підбирання та подрібнення.

Завершальний етап заготівлі виконується кормозбиральними комбайнами. Серед вітчизняних моделей використовують КСК-100 та Ягуар-60; серед закордонних популярні Claas Jaguar, John Deere 8000, Krone Big X. Ці машини мають у своєму складі підбирачі з пружинними пальцями, живильні вальці, подрібнювальні барабани й викидні труби для завантаження скошеної маси у транспорт. Основними робочими органами є підбирачі, ножові барабани, бітери та вентилятори. Від їх ефективності залежить якість та рівень подрібнення корму, що має значення при його згодовуванні тваринам.

Окрім виконання основних операцій, важливо дотримуватися термінів скошування. Найоптимальнішим часом є фаза бутонізації у бобових і колосіння у злакових культурах, оскільки саме в цей період спостерігається найбільший вміст білків і вітамінів. Варто також контролювати рівень вологості: для силосування вона має становити 65–70%, для сінажу – 50–55%, а для сіна – 15–17%. Ігнорування цих параметрів може спричинити втрату поживної цінності та зниження засвоюваності корму тваринами.

Отже, процес заготівлі кормів – це складний комплекс механізованих операцій, таких як скошування, ворушіння, згрібання та підбирання. Якість і поживність кормів безпосередньо залежить від правильного вибору техніки та дотримання технологічних вимог. Своєчасне виконання робіт забезпечує збереження білків, цукрів, каротину й інших цінних поживних речовин. Раціональне управління кормовою базою є ключем до успішного розвитку тваринництва та підвищення його економічної ефективності.

Список використаних джерел

1. Технології заготівлі кормів. Сайт https://joiner.org.ua/ Професійно-технічне навчання онлайн. Головна / Трактори і сільськогосподарські машини / Технології заготівлі кормів. URL: https://joiner.org.ua/traktory-i-silskohospodarski-mashyny/tekhnolohii-zahotivli-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

2. Борисенко Д. Д. Обґрунтування технологічного процесу та конструктивних параметрів косарки плющилки : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр» : 208, Агроінженерія / Борисенко Даніїл Дмитрович ; наук. керівник Пугач А. М. ; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т , Інженерно-технологічний ф-т , Каф. тракторів і сільськогосподарських машин. – Дніпро, 2023. – 85 с. – Режим доступу : https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/8798.

3. Подлєсний М., Гайденко О. Заготівля, зберігання та використання кормів. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Сучасне тваринництво /. 03.02.2021. URL: https://agro-

business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/20334-zahotivlia-zberihannia-ta-vykorystannia-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

4. Молочна О. Як правильно підготувати місце для того, аби зберігати корми?. Сайт https://tandf.in.ua/ Інформаційно-аналітичний портал про сучасні технології за доглядом та годівлею худоби Trandf. Статті /. 04.11.2024. URL: https://tandf.in.ua/yak-pravylno-pidhotuvaty-mistse-dlia/ (дата звернення: 25.09.2025).

5. Постельга С., Смоляр В. Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна > Техніка > Актуальні технічні та технологічні аспекти заготівлі кормів. 12.06.2019. URL: https://agroelita.info/aktualni-tehnichni-ta-tehnolohichni-aspekty-zahotivli-kormiv/ (дата звернення: 01.10.2025).

6. Філоненко Л., Тихоненко О., Укрндіпвт Ім. Л. Погорілого. Сучасна техніка для заготівлі кормів. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Механізація АПК. 24.05.2011. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/865-suchasna-tekhnika-dlia-zahotivli-kormiv.html (дата звернення: 01.10.2025).

УДК: 632.9

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ БОРОТЬБИ З БУР'ЯНАМИ У ПОСІВАХ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Грищук В.П., Волянський М.С.
Національний університет біоресурсів і природокористуваня України

Постановка проблеми. Аграрний сектор переживає сьогодні етап масштабних трансформацій та впроваджень, що спричинені глобальними та локальними чинниками. Від змін клімату до посилення вимог продовольчої безпеки та зростання попиту на якісну, екологічно безпечну продукцію. Під час вирощування культурних рослин весь час постають труднощі, серед яких особливе місце займає контроль за бур'янами. Вони не лише засмічують зібрану продукцію, а й створюють конкурентне середовище для культурних рослин, відбираючи вологу світло та поживні речовини з ґрунту.

Аналіз останніх досліджень**.** Протягом останніх десятиліть ключовим методом боротьби із небажаною рослинністю залишалися хімічні гербіциди, які вносили обприскуванням. Проте нині їх ефективність та доцільність дедалі частіше ставиться під сумнів. Основними причинами цього є шкодочинність хімічних препаратів для довкілля та здоров’я людини, а також посилення екологічних норм. У країнах ЄС запроваджують серйозні обмеження та подекуди повну заборону використання гербіцидів

на зразок гліфосату, диквату, ацетохлору. Паралельно виникає ще одна проблема – формування резистентності у бур'янів через довготривале та надмірне використання препаратів.

Ці та інші причини активно стимулюють розвиток альтернативних технологій: біологічних засобів захисту, механічну та термічну обробку ґрунту, а також нових методів точного землеробства зі залученням інноваційних систем моніторингу та управління.

Мета досліджень. Аналіз тенденцій розвитку з метою підвищення їх урожайності та збереження довкілля.

Результати досліджень. Цікавим інноваційним рішенням в технологіях боротьби з бур'янами у посівах просапних культур є біологічний контроль, який базується на використанні живих організмів (комах, грибів) або продуктів їхньої життєдіяльності, а також агротехнічні прийоми, які створюють несприятливі умови для росту бур’янів. Ці методи передбачають застосування природних ворогів бур’янів, створення конкуренції за ресурси за допомогою покривних культур, а також використання біологічних препаратів на основі мікроорганізмів. Хоча деякі методи ще не отримали широкого застосування, вони є важливою частиною інтегрованих систем захисту рослин.

Біологічні методи. Однією з перспективних альтернатив є застосування біологічних методів контролю бур’янів, які передбачають використання природних ворогів або патогенів для пригнічення росту небажаних рослин. Цей підхід дозволяє значно зменшити використання хімічних речовин, зберігаючи родючість ґрунтів і підтримуючи екологічну рівновагу. Додатково, сучасні технології, такі як робототехніка та системи штучного інтелекту, відкривають нові можливості для більш точного і вибіркового контролю бур'янів, що мінімізує негативний вплив на довкілля.

Переваги біологічних методів: відносна екологічна безпека, біопрепарати швидко розкладаються та не накопичуються у довкілі; зменшений ризик розвитку резистентності, бур'яни менш схильні адаптуватися до біологічних засобів.

Недоліки біологічних методів: відсутність на ринку готової продукції; висока вартість та складність розробки, пройде тривалий проміжок часу коли дана технологія зможе масово застосовуватись з видимим ефектом на полях; низька ефективність проти деяких видів бур'янів у порівнянні з хімічними гербіцидами; необхідність повторного внесення для підтримання ефективності обробки; висока вартість та складність зберігання та використання, що робить їх недоступними для широкого застосування на сьогоднішній день.

Попри ці обмеження, в майбутньому цей метод, за умови ефективного знищення бур'янів, зможе повноцінно замінити гербіциди. Особливо на глобальну тенденцію до “зеленого” землеробства.

Точкове внесення гербіцидів. Ще однією цікавою та сучасною інновацією є системи точкового обприскування, що базуються на технологіях штучного інтелекту та комп'ютерного зору. Вони дозволяють обробляти зони лише з бур'янами, мінімізуючи контакт з культурними рослинами. Спеціальні камери та сенсори збирають інформацію та система аналізує її в реальному часі, визначаючи небажану рослинність за формою та кольором. Це значно економить хімічні препарати та воду.

Переваги точкового внесення гербіцидів: суттєве зменшення витрат на гербіциди та водні ресурси; зменшення екологічного впливу, завдяки обмеженню застосування хімічних речовин.

Недоліки точкового внесення гербіцидів: надзвичайно висока вартість обладнання, оприскувачі обладнані такими системами потребують значних інвестицій; новизна, даний продукт лише з'явився на ринку та має ще ряд конструктивних недоліків і ще не пройшов масштабного випробування; складність обслуговування та необхідність регулярного технічного нагляду за обладнанням.

Механічні методи. Повернення до класичного та відомого з давніх часів механічного методу боротьби з бур'янами, зокрема міжрядний обробіток ґрунту культиваторами. Даний метод знову стає актуальним завдяки появі сучасних технологій, які кратно підвищують його ефективність і точність. Однією з таких технологій є система автоматичного водіння культиватора по рядках типу CultiCam. Аналізуючи зображення з камер і дані отримані з датчиків, система точно спрямовує культиватор по рядах рослин, незалежно від умов освітлення та рельєфу поля. Це значно підвищує продуктивність праці, зменшує ризик пошкодження культурних рослин і дозволяє проводити обробку в нічний час та зменшує навантаження на оператора трактора.

Переваги механічного методу: відносно дешевизна технології та доступність; можливість під час обробітку вносити добрива у міжряддя рослин; розпушування ґрунту під час обробітку; зменшення екологічного впливу завдяки відсутністю застосування хімічних речовин; можливість працювати в темний час доби.

Недоліки механічного методу: значно менша продуктивність порівняно з обприскуванням; більші витрати паливного та людського ресурсу на одиницю площі.

Порівнявши різні методи, можна прийти до наступного висновку. Найбільш збалансованим рішенням для масового впровадження є культиватори дообладнані системою точного ведення по траєкторії рядків. Вони забезпечують ефективний захист посівів без використання хімікатів, покращують стан ґрунту та не потребують великих капіталовкладень. У перспективі біологічні препарати можуть скласти гідну заміну гербіцидам. А системи точкового внесення мають потенціал в найближчому майбутньому стати одним з ключових інструментів в боротьбі з бур'янами.

Висновок. Сучасне землеробство потребує комплексного підходу, який поєднує класичні та інноваційні методи. Успіх можливий лише за умови гнучкої адаптації фермерів до нових викликів, постійного впровадження нових технологій та методів. Це не лише підвищить врожайність, а й збереже довкілля для майбутніх поколінь.

Список використаних джерел

1. Бахур О., Думич В. Аналіз конструкцій машини для міжрядного обробітку просапних та овочевих культур. Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК». №11(74), листопад 2015, 8-12с.

2. Сава А., Хрунь М. Культиватори майбутнього. Всеукраїнський аграрний журнал «АгроЕліта» №8, 2020.

3. Артим А. Точкове обприскування: економія, ефективність, екологічність. Всеукраїнський аграрний журнал «АгроЕліта» №10; 2024.

4. Біологічний захист https://superagronom.com/blog/1008-biologichniy-zahist-roslin-vid-buryaniv-osoblivosti-etapi-perspektivni-gerbifagi

5. Точкове обприскування https://astra-group.ua/news/novini/tochkove_ obpriskuvannja_ jak_daleko_prosunulisja_v_horsch.html

УДК 632.9

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ У ДРІБНИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Кореневич І.С., Волянський М.С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Картопля є однією з основних продовольчих культур в Україні. Основна частка виробництва картоплі (близько 95%) припадає на дрібні фермерські та особисті господарства, де процес збирання часто здійснюється вручну. Висока енергоємність цього етапу (до 70% загальних витрат) зумовлює необхідність удосконалення механізації, особливо у господарствах із площею до 50 га.

Аналіз останніх досліджень. Упродовж останніх років науковці приділяють значну увагу вдосконаленню конструкцій картоплезбиральних машин. Сучасні дослідження (Грушецький, Чайка, 2024; DSpace KNTU, 2024) відзначають, що рівень механізації у малих господарствах залишається низьким, попри наявність різноманітних моделей копачів і комбайнів. Розвиток одно- та дворядних машин дає змогу адаптувати техніку до умов малих ділянок, зменшуючи трудомісткість і втрати врожаю.

Мета дослідження. Підвищення ефективності процесу збирання картоплі у дрібних фермерських господарствах шляхом аналізу та

удосконалення механізованих засобів, що забезпечують зменшення втрат і покращення якості збору.

Результати дослідження. У 2024 році посівні площі картоплі в Україні становили близько 156 тис. га, що на 10,9 % більше, ніж у 2023 році (Держстат України). Близько 98 % площ обробляють господарства, площа яких під картоплею - до 10 га. У таких умовах переважно використовують картоплекопачі, які лише підкопують бульби, тоді як у великих підприємствах застосовують багатофункціональні комбайни. Дослідження свідчать, що втрати при використанні копачів можуть сягати 20–25 %, тоді як сучасні комбайни знижують їх до 2–5 %. Однофазні та комбіновані способи збирання є найефективнішими для підвищення продуктивності. Подальше вдосконалення техніки має ґрунтуватися на оптимізації підкопуючих органів, удосконаленні систем сепарації та зниженні пошкоджуваності бульб.

Для дрібних фермерських господарств України пріоритетним напрямом є впровадження доступних і енергоощадних картоплезбиральних машин. Підвищення рівня механізації дозволить скоротити витрати праці, мінімізувати втрати врожаю та підвищити якість продукції. Подальші дослідження мають бути спрямовані на адаптацію машин до різних типів ґрунтів і вдосконалення технологічних процесів. Одним із напрямів вдосконалення технологічного процесу збирання картоплі для дрібних фермерських господарств є застосування картоплекопачів із бункерами накопичувачами, що призведе до значного зменшення затрат ручної праці.

Висновок. Для дрібних фермерських господарств України пріоритетним напрямом удосконалення механізованого процесу збирання картоплі є застосування картоплекопачів із бункерами-накопичувачами.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Мартишко В.М., Волянський М.С., Шевченко В.І., Борхаленко Ю.О., Пазюк В.Р., Іванческу О.І., Пазюк І.В., Блозва І.Й. Поліщук О.С., Васюк С.М., Гребінчак О.І., Шевченко О.І., Сидоренко О.І., Авраменко Є.В. Сільськогосподарські машини. Навчальний посібник. [Електронний ресурс] ДУ «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти, НМЦВФПО. Київ. 2023.

2. Грушецький С., Чайка І. Огляд сучасного стану механізації процесу збирання картоплі. *International Science Journal of Engineering & Agriculture.* 2024. Т. 3, № 2. С. 47–66. DOI: 10.46299/j.isjea.20240302.04.

3. Тенденції розвитку однорядної картоплезбиральної техніки. *Наукові праці ЗУНУ.* Тернопіль: Західноукраїнський національний університет, 2024.

4. DSpace Repository. *Кіровоградський національний технічний університет.* URL: https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/0e358169-b1b3-49a3-869d-41d804314666/content.

5. Книш О. В. Аналіз технічних засобів для збирання картоплі у малих фермерських господарствах. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК.* 2024. Вип. 317. С. 112–118.

6. Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (FAO). *Статистика виробництва картоплі та тенденції механізації у Східній Європі.* Рим: FAO, 2024. URL: https://www.fao.org/statistics.

УДК 631.8:633.11

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРИВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТА ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Панченко А.С., Волянський М.С.
Національний університет біоресурсів і природокористуваня України

Постановка проблеми. Раціональне використання добрив є одним із ключових факторів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і забезпечення сталого землеробства. В умовах зростання вартості ресурсів та кліматичних змін особливої актуальності набувають технології, спрямовані на оптимізацію живлення рослин при мінімальних витратах енергії та збереженні природної вологи у ґрунті.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз результатів останніх досліджень свідчить, що одним із перспективних напрямів є застосування систем смугового обробітку ґрунту, які поєднують розпушування, локальне внесення добрив та створення сприятливих умов для подальшої сівби. Використання рідких форм добрив забезпечує рівномірне їх розподілення в ґрунтовому середовищі, підвищує швидкість засвоєння поживних речовин і зменшує втрати азоту.

Мета досліджень. Забезпечення сприятливих умов розвитку рослин при передпосівній підготовці ґрунту під сівбу озимої пшениці.

Результати досліджень. Важливою складовою ефективної системи смугового внесення добрив є правильне визначення параметрів подачі, тиску та рівномірності розподілу рідкий добрив. Дослідження в цьому напрямі спрямовані на удосконалення системи подачі рідких добрив, оптимізацію їх дозування залежно від типу ґрунтів та забезпечення стабільності процесу роботи агрегату в полі. Застосування диференційованого внесення дозволяє створювати оптимальний живильний режим, що сприяє кращому розвитку кореневої системи та підвищенню стійкості рослин до посухи. Поєднання смугового обробітку ґрунту з

високоточною навігацією дозволяє забезпечити розміщення добрив в зоні рядка в шарі ґрунту на різній глибині, мінімізуючи перекриття, втрати та ущільнення ґрунту. Це створює умови для формування рівномірних посівів, покращення водного балансу та стабільного розвитку озимої пшениці навіть у складних кліматичних умовах.

Особливу увагу слід приділити економічній доступності таких технологій. На відміну від імпортних комплексів смугового обробітку, адаптація систем внесення рідких добрив на базі вітчизняних агрегатів робить можливим їх впровадження у малих та середніх господарствах. Це знижує інвестиційне навантаження, забезпечує фінансову доцільність і дозволяє впроваджувати інноваційні рішення без суттєвого переоснащення технічного парку.

Висновок. Таким чином, системи внесення рідких добрив у складі ґрунтообробних агрегатів для смугового обробітку є ефективним і доступним інструментом підвищення урожайності озимої пшениці, збереження родючості ґрунтів та розвитку ресурсозберігаючого землеробства в Україні.

Список використаних джерел

1. Смуговий обробіток ґрунту https://agroelita.info/smuhovyy-obrobitok-gruntu.

2. https://www.bednar.com/uk/blog/передпосівне-внесення-добрив-під-час-смугового-обробітку-ґрунту-та-внесення-добрив-під-час-вегетації (опис технології передпосівного внесення добрив під час смугового обробітку).

3. https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/12385-vnesennia-mineralnykh-dobryv-za-smuhovoiu-tekhnolohiieiu-obrobitku-gruntu (внесення мін. добрив за смуговою технологією)

4. https://superagronom.com/articles/145-strip-till-i-strichkove-vnesen nya -dobriv-ukrayinskiy-dosvid (Strip-till і смугове внесення добрив)

5. Технологія STRIP-TILL від MZURI PRO-TIL https://mzuri.ua/seedbad

УДК 631.316

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКОВОЇ БОРОНИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Степаненко С.П., Гриценко О.П.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Для ефективної передпосівної підготовки ґрунту використовують різні технічні засоби, серед яких дискові, зубчасті та голчасті борони, а

також культиватори й ґрунтообробні котки [1, 2, 3]. Однак, як показує аналіз, проблема якісної обробки поля за допомогою дискових борін, що поєднують різні принципи впливу на ґрунт, досі не вирішена повністю. Метою даного дослідження є теоретичне обґрунтування раціональних конструктивних параметрів асиметричної дискової борони, оснащеної сферичними дисками, для забезпечення її ефективної та збалансованої роботи. Розроблена асиметрична дискова борона складається з рами на опорних колесах, причіпного пристрою, передньої та задньої батарей дисків, які закріплені на поворотних балках у вигляді літери "V" [4-6]. Ключовою особливістю конструкції є наявність кінематичного зв'язку між причіпним пристроєм та передньою поворотною балкою. Цей зв'язок реалізовано за допомогою двоплечого важеля, шатуна та штанги.

Принцип дії борони заснований на автоматичному збереженні рівноваги під час роботи. Зі збільшенням кута атаки дисків, що викликає зростання моменту опору ґрунту, кінематичний зв'язок автоматично віддаляє причіпний пристрій від середньої осі борони. Це, у свою чергу, збільшує момент, що передається від трактора, забезпечуючи зрівноваження борони і дозволяючи їй працювати як симетричне знаряддя. Залежно від типу ґрунту (наприклад, чорнозем або глинястий ґрунт), штанга може бути приєднана до різних отворів на двоплечому важелі, що регулює початкове положення причіпного пристрою та забезпечує максимальний момент тяги для важких ґрунтів. Для гарантованого обертання сферичного диска з мінімальним проковзуванням і опором коченню необхідно обґрунтувати його радіуса. В поздовжньо-вертикальній площині проєкція сферичного диска є еліпсом. З огляду на це, було розроблено аналітичну модель для визначення раціонального радіуса [4-6]:

$$R = h \cdot \left[\frac{1}{[\tan\gamma_1 + \tan\gamma_2]^2 \cdot [\cos\alpha]^2} + 1 + \sqrt{\frac{1}{[\tan\gamma_1 + \tan\gamma_2]^2 \cdot [\cos\alpha]^2} + 1} \right]$$

Взаємодія диска з ґрунтом супроводжується силами тертя і нормальними силами, які виникають при зіткненні з грудками ґрунту та рештками стерні. Защемлення грудок між ріжучою кромкою та ґрунтом відбувається за умови, що сума тангенсів кутів тертя більше або дорівнює одиниці [4-6]:

$$\tan\gamma_1 + \tan\gamma_2 \geq 1$$

На основі аналітичних розрахунків встановлено, що раціональний діаметр сферичного диска залежить від глибини обробітку (h), кута атаки (α) та фізико-механічних властивостей ґрунту (кут тертя γ). Це дозволяє встановити раціональні параметри диска для конкретних умов. Для чорноземів, кут тертя між ріжучим краєм сферичного диска та грудкою становить 20–24°, тоді як між грудками та ґрунтом дорівнює 48°. Аналітичні розрахунки показали, що для ефективного заглиблення диска в ґрунт його

радіус повинен становити 0,21 м при мінімальному куті атаки. Встановлено, що використання асиметричних дискових борін покращує якість обробітку ґрунту. Завдяки вирівнюванню поверхні поля та формуванню дрібнокомкуватої структури, вони запобігають втраті вологи та утворенню тріщин. Дослідження довели, що раціональний діаметр сферичного диска визначається глибиною занурення, кутом атаки та властивостями ґрунту.

Список використаних джерел

1. Гуков Я.С. Механіко-технологічне обгрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку грунту в умовах України : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.20.01. Глеваха, 1998. 32 с.
2. Теорія стійкого руху дискової борони / В. В. Адамчук та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства / ННЦ“ІМЕСГ”. Глеваха, 2021. - Вип. №14 (113). – С. 10-22.
3. Bulgakov, V., Pascuzzi S., Nadykto, V., & Ivanovs, S. (2018). A mathematical model of the plane-parallel movement of an asymmetric machine-and-tractor aggregate. Agriculture, 8 (10), 151.
4. Гриценко О.П., Степаненко С.П., Насонов В.А., Говоров О.Ф. Аналітичне визначення параметрів асиметричної дискової борони. Вінницький національний аграрний університет. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». Випуск № 3 (110). - Вінниця, 2023. – С. 05-13. https://doi.org/10.37128/2306-8744-2023-3-1
5. Гриценко О.П., Степаненко С.П. Дослідження коефіцієнта корисної дії дискової борони від навантаження на сферичний диск. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. с. 85-95.
6. Гриценко О.П., Степаненко С.П. Математичне моделювання стійкості руху асиметричної дискової борони. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 53. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – С. 39-50. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.39-50

УДК 631.362

ВІБРОФРИКЦІЙНИЙ МЕТОД СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ КОСТРИЦІ ЛУЧНОЇ

Михайлов А.Д., Козаченко О.В., Бакум М.В., Крекот М.М., Сіняєва О.В.
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Важливим пріоритетом для українського сільського господарства є збільшення виробництва кормів, що є критично

важливим для розвитку тваринництва та інших секторів економіки. Щоб гарантувати високі та стабільні врожаї костриці лучної, необхідно приділяти особливу увагу післязбиральній обробці насіння та використовувати для посіву лише найкраще насіння з точки зору біологічних характеристик, що забезпечить якісний посів і, як наслідок, високий урожай.

Наявні технології післязбиральної обробки насіння костриці лучної не відповідають сучасним вимогам і потребують значного розвитку. Широкий спектр насіння трав та недостатня ефективність традиційних насіннєочисних машин зумовлюють необхідність розробки нових, більш дієвих способів.

Кафедра агроінженерії Державного біотехнологічного університету проводить дослідження з удосконалення інноваційних віброфрикційних машин, які вже активно використовуються в аграрному секторі для ефективного розділення важковідокремлюваних насіннєвих сумішей різних сільськогосподарських культур [1,2].

Застосування методу сепарації за комплексом фізико-механічних властивостей дозволяє досягти вищого рівня якості насіння, ніж це можливо за допомогою існуючого обладнання, особливо коли засмічувачі мають складну структуру.

Окрім ефективного видалення насіння бур'янів та сторонніх домішок з насіння костриці лучної (вівсяниці), віброфрикційна машина виконує додаткову функцію: вона відокремлює з основного насіннєвого матеріалу насіння низької якості, включаючи недорозвинене, пошкоджене, щупленасіння основної культури.

Аналіз останніх досліджень. Вирішення проблеми підготовки висококондиційного насіння полягає у створенні та впровадженні нових, більш ефективних та продуктивних механізованих систем для післязбиральної обробки насіння костриці лучної.

Тому виникає необхідність у фракційному розподіленні матеріалу, що потребує зміни обладнання технологічних ліній для подальшої обробки насіння спеціальними машинами.

Проте, такий підхід породжує низку труднощів: зростання собівартості насіння костриці лучної, ускладнення механізованих технологічних операцій, втрати та пошкодження насіння, а також неможливість стабільно отримувати посівний матеріал з високими показниками врожайності та посівних якостей [2]. Щоб покращити якість насіння костриці лучної до рівня, встановленого стандартом, ефективним рішенням є впровадження віброфрикційної машини в технологічний ланцюг післязбиральної обробки. Це забезпечить якісне очищення та сортування,

що призведе до отримання висококондиційного посівного матеріалу костриці лучної [3-5].

Мета досліджень. Підвищення посівних якостей насіння костриці лучної шляхом видалення нежиттєздатного насіння та сторонніх домішок за допомогою віброфрикційного методу.

Результати досліджень. Процес сепарації насіння костриці лучної, що включав використання стандартного обладнання, такого як повітряно-решітні сепаратори та трієри, а також спеціалізованих машин, не зміг повністю усунути наявність домішок. Зокрема, було виявлено 10,4% насіння бур'янів, що призвело до невідповідності встановленим державним стандартам якості [3]. Незважаючи на показники схожості на рівні – 87,0%, енергії проростання – 78,0% та маси 1000 насінин – 1,9 г, для досягнення оптимальних посівних якостей було вирішено застосувати віброфрикційну машину. В результаті експериментальних досліджень були визначені раціональні робочі параметри машини. Її конфігурація характеризується наступними показниками: кут нахилу робочої площини становить 4,4° (вздовж) та 2,3° (впоперек), кут напрямку коливань – 28,0°, амплітуда коливань – 1,1 мм, а частота коливань робочого органу – 170,0 $с^{-1}$. Робочі площини віброфрикційної машини виконана з технічної фанери.

Обробка насіння на віброфрикційній машині призвела до отримання першої фракції найвищої якості, яка склала 14,6% від загальної кількості. Це насіння характеризувалося винятковими показниками: 98,3% насіння основної культури та 98,0% схожості. Важливою перевагою стало збільшення маси 1000 насінин на 0,9 г порівняно з вихідним матеріалом.

За результатами аналізу, насіння, що було виділено у другу та третю фракції (сукупний вихід 59,2%), відповідає вимогам ДСТУ 2240. Вміст насіння основної культури в зазначених фракціях зафіксовано на рівні 98,1% та 97,8% відповідно. Ці показники демонструють суттєве підвищення чистоти насіння основної культури порівняно з вихідною сумішшю, для якої цей показник становив 89,6%. Після сепарації, у перших трьох фракціях було сконцентровано насіння з більшою масою. Маса 1000 насінин у них склала, відповідно, 2,8 г, 2,6 г та 2,3 г, що перевищує аналогічний показник вихідної суміші. Сортування також позитивно вплинуло на схожість (збільшення на 13%, 11% та 10%) та енергію проростання (підвищення на 12,%, 11% та 9%) у порівнянні з вихідним насінням.

Фракціонування четвертої та п'ятої фракцій, що склали 16,8% від загальної маси насіння, продемонстрували покращені агрономічні характеристики. Вміст насіння основної культури в цих фракціях становив 97,4% та 97,1% відповідно. Показники лабораторної схожості та енергії проростання були вищими на 10% та 9%, а також на 7% та 6% відповідно, у порівнянні з контролем (вихідним насінням). Маса 1000 насінин у цих

фракціях перевищувала контроль на 0,9 г та 0,7 г, відповідно. Аналіз об'єднаного насіння з перших п'яти фракцій виявив, що 90,6% отриманого насіннєвого матеріалу відповідає стандартам якості. Його фракції включають: вміст насіння основної культури 97,5%, маса 1000 насінин 2,4 г, показники схожості 97% та енергії проростання 86%. Фракції, виділені на шостому-дев'ятому етапах віброфрикційної сепарації, виявилися засміченими на 9,4%. Ці фракції відзначалися зменшеною часткою насіння основної культури (від 51,4% до 23,8%), нижчою масою тисячі насінин (від 1,2 г до 0,5 г), а також суттєво гіршими показниками схожості та енергії проростання порівняно з вихідним матеріалом.

Висновок. Віброфрикційна машина розділяє насіння костриці лучної на різні фракції. Вони відрізняються за ступенем чистоти, схожістю та здатністю до проростання, що дозволяє виділити найбільш придатні для посіву фракції. Віброфрикційна сепарація є ефективним методом для очищення насіння костриці лучної від неякісного насіння основної культури, а також від насіння бур'янів та домішок, які важко відокремити на існуючих технічних засобах. В результаті цього процесу досягається підвищення практично усіх посівних показників, що позитивно впливає на якість насіння і дозволяє отримати із некондиційної суміші близько 91% високондиційного посівного матеріалу костриці лучної.

Список використаних джерел

1.Заїка П.М., М.В. Бакум, А.Д. Михайлов Вібраційна насіннєочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Пропозиція. № 6, 2005. с.102.

2.Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. Харків: Навчальне видання, 2012. - 95 с.

УДК 633.313+631.314

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ ДВОСЕКЦІЙНИМ КОТКОМ-ПОДРІБНЮВАЧЕМ

Шейченко В.О., Шаповал О.В.
Полтавський державний аграрний університет
Вольський В.А., Коцюбанський Р.В.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Вступ. Котки-подрібнювачі застосовують для обробітку стерні ріпаку, соняшнику, кукурудзи, промислових конопель, а також зароблення

сидератів. Застосування котків-подрібнювачів уможливлює за мінімального рівня обслуговування, високої довговічності навіть у посуху, забезпечити високу ефективність розподілення органічної маси на поверхні поля, дрібнозернисту структуру ґрунту, вичісування сходів падалиці та бур'янів [1–3].

Метою дослідження є підвищення ефективності технологічних операцій подрібнення стебел грубостеблових культур шляхом визначення показників якості подрібнення стебел соняшнику двосекційним котком-подрібнювачем.

Матеріали і методи. Об'єкт досліджень – закономірності технологічних процесів подрібнення рослинних решток, стебла соняшнику, робочі органи двосекційного котка.

Предметом досліджень є взаємодія робочих органів двосекційного котка із рослинним матеріалом (стеблами соняшнику).

Наукова гіпотеза полягає в тому, що існують такі техніко-технологічні рішення, реалізація яких уможливить здійснити технологічний процес подрібнення із найбільшою ефективністю.

Експериментальний зразок двосекційного котка досліджено в умовах дослідних ділянок Державного підприємства Дослідне господарство «Оленівське» Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України.

Згідно з програмою досліджень проведено одноразовий прохід по агрофону, що представляв собою рівні ділянки поля після збирання соняшнику. В процесі досліджень визначали показники подрібнення та заробляння рослинних решток у ґрунт. Агрегатування двосекційного котка-подрібнювача здійснювали трактором МТЗ – 80.

Сортування відібраних подрібнених стебел на фракції, визначення їх довжин, ваги та вологості, здійснювали у лабораторних умовах. Довжину фракцій подрібнених стебел визначали лінійкою. Кількість частинок стебел, що внесли у вибрані інтервали розмірів, уможливило встановити частоту виникнення події частинок у кожному інтервалі. Експериментальні дані групували за інтервалами однакового розміру (50 мм) у діапазонах 0–50 мм, 51–100 мм, 101–150 мм, 151–200 мм, понад 201 мм. За таких умов складено таблиці усіх довжин фракцій рослинних решток.

Дослідження проведено на швидкості руху 7,2 км/год по три повторності кожного експерименту.

Вагу пакету з відібраними рослинними рештками, а також вагу окремих фракцій подрібнених решток, визначали терезами в лабораторних умовах.

Вологість сировини визначали ваговим методом згідно ДСТУ ISO 6496:2005.

Оброблення результатів здійснювали в середовищі Microsoft Excel.

Результати і обговорення. Аналізуючи результати подрібнення двосекційним котком стебел соняшнику відзначено, що найбільша частка

припадала діапазону 51–100 мм і складала 48,25%. Сума відсотків подрібнених стебел соняшнику діапазонів менше 50–100 мм складала 77,62%, що у 2,36 рази більше, ніж у аналогічного діапазону односекційного котка. Зазначений показник у 3рази більше ніж у борони, і, майже, співпадав із показниками комбінованого агрегату (78,8% проти 77,62% у двосекційного котка).

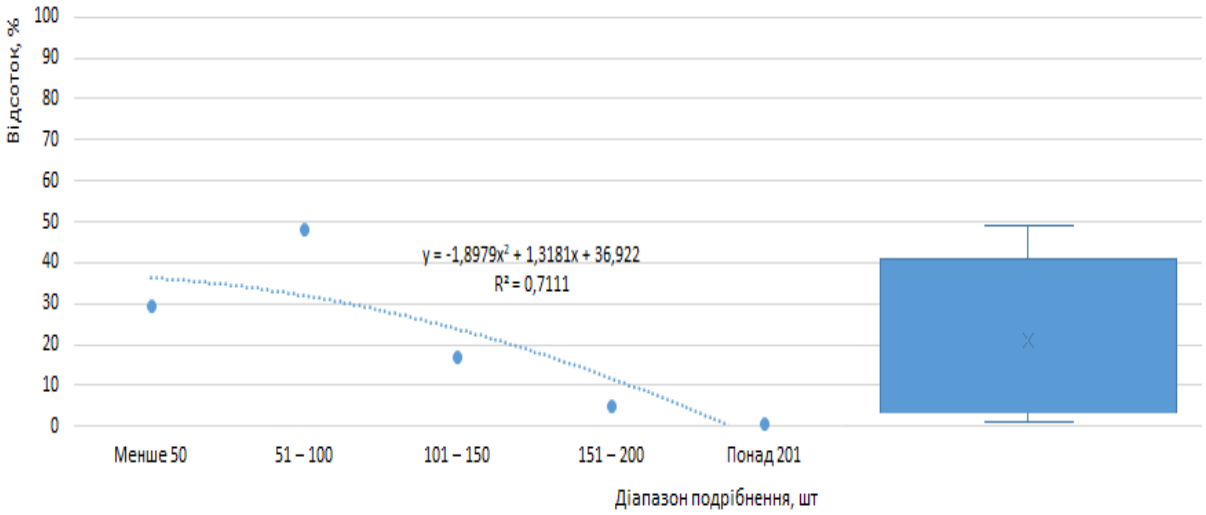


Рис. 1. Регресійні залежності змінення відсотку подрібнених двосекційним котком-подрібнювачем стебел соняшнику.

Висновки. У двосекційного котка найбільші значення відносних частот подрібнення стебел соняшнику належали діапазону 51–100 мм і становили 48,25%.

Список використаних джерел

1. Sheichenko, V., Volskyi, V., Kotsiubanskyi, R., Dnes, V., Bilovod, O., Shevchuk, M., & Skoriak, Y. (2023). Determining the effect of the direction of installing the cutting edges of shredder roller blades on process parameters. *Eastern-European Journal*, 5 (1(125)), 45–53. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287483

2. Сало В. М., Богатирьов Д. В., Лещенко С. М. Щодо надійності технологічного процесу подрібнення пожнивних решток // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 53. 2023. С. 93-101. https://dspace.kntu.kr.ua/items/e98f87e8-5913-4917-b024-b69cb6ff4b17

3. Sheichenko, V., Volskyi, V., Dnes, V., & Kotsiubanskyi, R. (2022). Study of grinding corn stalks by a roller grinder with different knives positioning. Mechanization in agriculture and Conserving of the resources, Bulgaria, vol. 66, 2, 52–55. https://www.agrimachinery.net/sbornik/2022.pdf

УДК 631.348.45:519.876.5

МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШТАНГИ ПОЛЬОВОГО ОБПРИСКУВАЧА

Сташків М.Я., Підгурський М.І.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Постановка проблеми. У сучасному аграрному виробництві найбільш поширеним способом захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб є використання отрутохімікатів. Відповідно до виду боротьби із шкідниками, хворобами і бур'янами існує декілька способів застосування хімічних засобів захисту рослин, які поділяються на обприскування, обпилювання, аерозольний обробіток тощо. Понад 75 % всіх засобів хімічного захисту вноситься у вигляді водних розчинів за допомогою обприскувачів різного типу.

Важливою частиною широкозахватного польового обприскувача є штанга – складна стержнева конструкція, від будови якої безпосередньо залежить якість та продуктивність процесу нанесення хімічного препарату на рослини.

Концептуальною основою комплексного аналізу складних несучих конструкцій є дослідження їхньої міцності, надійності та довговічності при експлуатаційних навантаженнях. Основною проблемою такого комплексного аналізу є якнайповніше відображення у дослідженні властивостей реальної конструкції, моделювання параметрів її статичної поведінки, врахування особливостей формування та зміни напружено-деформованого стану (НДС) у динамічній постановці задачі [1].

Початковим етапом розв'язку динамічної задачі є аналіз власних коливань системи. У загальному випадку функцію коливань системи в часі можна розкласти на ряди, кожен з яких характеризується своєю формою та частотою коливань. Такий вид аналізу називають модальним. Він дозволяє визначити форми (моди) і частоти коливань досліджуваної структури, що є базовою інформацією для проектування інженерних конструкцій.

Мета дослідження. Метою дослідження є встановлення найбільш характерних форм та частот коливань штанги широкозахватного польового обприскувача та виявлення найбільш навантажених елементів штанги в статичній та динамічній постановці задачі.

Для досягнення поставленої мети використовувалися методи комп'ютерного моделювання, що базуються на використанні методу скінченних елементів. Математичною основою моделі є система диференціальних рівнянь руху. Застосування чисельних методів на вирішення вихідних диференціальних рівнянь дозволяє отримати числові значення координат у заданий час. Програмна реалізація чисельних методів

та впровадження паралельних обчислень забезпечує високу ефективність застосування комп'ютерного моделювання у інженерній практиці.

У даній роботі проведено цифрове моделювання [2] напружено-деформованого стану (НДС) штанги широкозахватного польового обприскувача довжиною 13 м на основі розробленої CAD-моделі (рис. 1).

Рис. 1. CAD-модель штанги широкозахватного польового обприскувача

Результати дослідження. Попередній статичний розрахунок НДС штанги польового обприскувача під дією сили власної ваги показав, що найбільш навантаженими елементами є верхній та нижній пояс штанги у зоні розташування кронштейну кріплення штанги до підвіски. Ізограма розподілу середніх напружень та характер деформації штанги відображено на рис. 2.

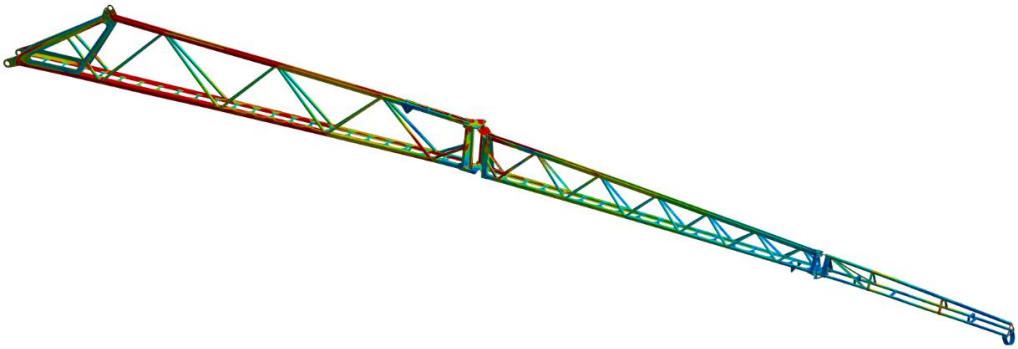


Рис. 2. Ізограма статичних напружень штанги польового обприскувача

Модальний аналіз штанги широкозахватного польового обприскувача дозволив встановити характерні форми та частоти коливань штанги обприскувача відносно головних осей (X – поздовжня вісь, Y – поперечна вертикальна вісь, Z – поперечна горизонтальна вісь). Найбільш значущі (за коефіцієнтом масової участі) результати модального аналізу штанги обприскувача подано у таблиці 1. За результатами модального аналізу штанги широкозахватного польового обприскувача встановлено, що найбільш характерною є мода з частотою 1,46 Гц з формою деформації, якій відповідає переміщення вздовж осі Z та поворот відносно вертикальної осі Y кріплення штанги. Найбільш навантаженим при цьому є нижній пояс штанги обприскувача у зоні розташування кронштейну кріплення штанги до підвіски (рис. 3).

Таблиця 1

Результати модального аналізу штанги обприскувача

№	Вісь	Мода	Частота, Гц	Коефіцієнт масової участі
1	X	21	66.05	0.18
2	Y	2	4.57	0.25
3	Z	1	1.46	0.48
4	Rotation X	7	20.88	0.31
5	Rotation Y	1	1.46	0.94
6	Rotation Z	2	4.57	0.61

Рис. 3. Ізограма напружень за результатами модального аналізу (мода 1)

Характер форми коливань штанги обприскувача показано на рис. 4.

Рис. 4. Форма коливань штанги польового обприскувача (мода 1)

Висновок. За результатами модального аналізу штанги польового обприскувача встановлено, що найбільший вплив на динаміку навантаження штанги має мода з частотою 1,45 Гц (як вздовж осі Z, так і при крученні відносно осі Y). Найбільш навантаженим є нижній пояс штанги у зоні розташування кронштейнів кріплення штанги до підвіски.

Отримані результати модального аналізу є основою для проведення інших видів динамічного аналізу, таких, як гармонічний і спектральний аналіз, аналіз перехідних процесів (наприклад, при ударному навантаженні). Результати таких розрахунків на зовнішні впливи розкладаються за тими ж власними формами коливань, які отримані при модальному аналізі.

Список використаних джерел

1. Гліненко Л.К. Основи моделювання технічних систем / Л.К. Гліненко, О.Г. Сухоносов. Львів: «Бескид Біт», 2003. 176 с.

2. Цибульник С. О. Системи CAE/CAD. Практикум. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 79 с.
3. Моделювання та оптимізація систем / В.М. Дубовой, Р.Н. Квєтний, О.І. Михальов, А.В. Усов. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс», 2017. 804 с.

УДК 631.374

МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІД ЧАС ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

Тарасенко Д.С., Біловод О.І., Канівець О.В.
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Гвинтові (шнекові) конвеєри є невід'ємною частиною універсальних пристроїв для переміщення сипучих матеріалів. Вони забезпечують транспортування зернових мас на елеваторах, зерносховищах, переробних підприємствах та у портах. Зростання обсягів виробництва зерна та інтенсифікація аграрних технологій висувають нові, більш жорсткі вимоги до транспортного обладнання. Ефективність таких механізмів безпосередньо впливає на швидкість логістичних операцій, енергоспоживання та, що найважливіше, на збереження якості зерна. Незважаючи на конструктивну простоту та надійність, стандартні моделі шнекових конвеєєрів часто функціонують на межі проєктних можливостей, що створює попит на науково обґрунтовані методи підвищення їх продуктивності.

Аналіз останніх досліджень. Під час проектування гвинтових транспортерів ключовими завданнями залишаються підвищення об'ємної продуктивності, зниження пошкодження зерна та мінімізація енергетичних витрат [1]. Пошкоджене зерно втрачає комерційну цінність, стає більш вразливим до псування та знижує якість кінцевої продукції [2, 3]. Тому дослідження, що оптимізують конструктивні та експлуатаційні параметри шнеків, є актуальними.

Мета досліджень. Метою даного дослідження є аналіз основних можливостей підвищення продуктивності гвинтових транспортерів сільськогосподарського призначення із врахування сучасного розвитку науки.

Результати досліджень. Продуктивність шнека Q є функцією багатьох змінних, яку в загальному вигляді можна представити функцією:

$$Q=f(D,d,S,n,\alpha,\phi,\mu,\psi), \quad (1)$$

де D – зовнішній діаметр гвинта шнека, d – діаметр вала, S – крок гвинта, n – частота обертання, α – кут нахилу конвеєра, ϕ – коефіцієнт заповнення, μ – коефіцієнт тертя зерна по робочих поверхнях, ψ – коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості зерна (густина, вологість, форма).

Продуктивність шнека прямо пропорційна площі поперечного перерізу потоку матеріалу і залежить від діаметра гвинта. Збільшення діаметра є найпростішим способом підвищення продуктивності, однак воно обмежене габаритними та енергетичними вимогами. Важливим параметром є співвідношення кроку гвинта до його діаметра S/D, оптимальне значення якого залежить від кута нахилу транспортера, швидкості обертання гвинта та фізичних властивостей зерна [4].

Продуктивність шнека залежить від частоти його обертання. Залежність зберігається до певної критичної швидкості. Після досягнення оптимальної частоти продуктивність знижується. При високих швидкостях обертання зростають відцентрові сили, які притискають зерно до стінок корпусу, підвищують тертя і сповільнюють осьовий рух. Зерно починає обертатися разом зі шнеком, що зменшує коефіцієнт заповнення. Для зернових культур оптимальна частота обертання шнеків діаметром 150…300 мм становить 200…500 об/хв.

Продуктивність гвинтового транспортера у великій мірі залежить від кута його нахилу до горизонту. Зі збільшенням кута нахилу продуктивність шнека зменшується. Для більшості шнеків оптимальний кут становить до 20° [5].

Радіальний зазор між краєм витка шнека і внутрішньою поверхнею корпусу впливає на ефективність роботи. Через цей зазор відбувається зворотний пересип зерна, що спричиняє внутрішні втрати продуктивності. У металевих гвинтових транспортерах зазор між гвинтом і корпусом становить до 10 мм. Зменшення зазору підвищує продуктивність, але надто малий зазор призводить до пошкодження зерна. Оптимальний розмір зазору має перевищувати максимальний розмір зернівки, але не бути більшим за 1,5…2 її розміри [6]. Це зменшує зворотний потік і запобігає розплющенню зерна.

Великі зазори між гвинтом шнека і корпусом у металевих конвеєрах потрібні для уникнення заклинювання через температурні деформації та неточності виготовлення. Такий зазор знижує продуктивність через втрати матеріалу. Використання композитних накладок на робочу поверхню гвинта дозволяє усунути дану проблему та збільшити його ресурс. Їх необхідно встановлювати із мінімальним зазором між корпусом і гвинтом. Низький коефіцієнт тертя та еластичність композиту зменшують ризик пошкодження зерна. Зерно, що потрапляє в зазор, деформує накладку без роздавлювання. Це скорочує внутрішні втрати потоку та знижує травматизм зерна.

Футерування внутрішньої поверхні корпусу шнека полімерними матеріалами підвищує продуктивність гвинтових конвеєрів [7]. Полімерні

композити мають нижчий коефіцієнт тертя із зерном (0,15…0,25) порівняно зі сталлю (0,3…0,5). Зменшення тертя знижує енергоспоживання і полегшує рух матеріалу вздовж витків гвинта, що підвищує осьову швидкість потоку і продуктивність. Композити мають високу абразивну стійкістю, що перевищує стійкість звичайних сталей [8]. Гладка поверхня забезпечує рівномірний потік і запобігає налипанню вологого або засміченого зерна. Еластичність полімерів зменшує пошкодження зерна при ударах об стінки корпусу та шнеку.

Моделювання методом дискретних елементів (DEM) дозволяє детально аналізувати процеси всередині конвеєра [9]. DEM показує траєкторії окремих зерен, зони підвищеного тиску, інтенсивного тертя та ударних навантажень. Це допомагає точно прогнозувати продуктивність і оптимізувати конструктивні параметри шнекового конвеєра. Поєднання DEM-моделювання та композитних матеріалів дозволяє створювати високоефективні конвеєри, що зменшують пошкодження зерна.

Висновок. Проведений аналіз показав, що підвищення продуктивності гвинтового транспортера є комплексною задачею. Її вирішення вимагає збалансованого підходу до оптимізації конструктивних параметрів. При цьому неможливо досягти максимальної продуктивності конвеєра, зосередившись лише на одному параметрі, наприклад, на збільшенні частоти обертання гвинта шнека чи його діаметрі. Найбільш перспективними напрямами підвищення продуктивності шнекових конвеєрів є поєднання використання сучасних матеріалів, класичних методів розрахунку конвеєрів та комп’ютерного моделювання процесу переміщення зерна.

Список використаних джерел

1. Pornchai C., Supattarachai S. A Review on Screw Conveyors for Bulk Materials in Various Applications. *Engineering and Technology Horizons*, 2022. 39. 1-12.

2. Chen, P.; Huang, T.; Wu, B.; Qian, H.; Xie, F.; Liu, B.; Liu, D.; Li, X. Modeling the Discharge Rate of a Screw Conveyor Considering Hopper–Conveyor Coupling Parameters. *Agriculture* 2024, 14, 1203. https://doi.org/10.3390/agriculture14071203.

3. Weijie Yang, Wenjun Meng, Xiaobing Dai, Zhenxiao Yin, Fenglin Yao, and Yuan Yuan. 2021. Continuous medium hypothesis-based study on the screw flight wear model and wear regularity in a screw ship unloader. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*. 2021, 45(4). 584-593. https://doi.org/10.1139/tcsme-2020-0239.

4. Askari Asli-Ardeh E, Mohsenimanesh A. Determination of effective factors on power requirement and conveying capacity of a screw conveyor under three paddy grain varieties. *ScientificWorldJournal*. 2012. 136218. doi: 10.1100/2012/136218.

5. Gupta A. K., Nott P. R. Analysis of the flow of granular materials through a screw conveyor. 2021, arXiv preprint arXiv:2111.13396.

6. Куликівський В. Л. Підвищення надійності та довговічності шнеків шляхом регулювання зазору між гвинтом і корпусом. *Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів»*. Харків: ННІ ТС, ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2016. №4. С. 50-55.

7. Hussain M, Naqvi RA, Abbas N, Khan SM, Nawaz S, Hussain A, Zahra N, Khalid MW. Ultra-High-Molecular-Weight-Polyethylene (UHMWPE) as a Promising Polymer Material for Biomedical Applications: A Concise Review. *Polymers (Basel)*. 2020 Feb 4;12(2):323. doi: 10.3390/polym12020323.

8. N. R. Nwakuba, O. C. Chukwuezie, F. C. Uzoigwe & P. Chukwu 2019. Friction Coefficients of Local Food Grains on Different Structural Surfaces. *Journal of Engineering Research and Reports*. 6, 3 (Aug. 2019), 1–9. DOI:https://doi.org/10.9734/jerr/2019/v6i316951.

9. Wiącek J., Parafiniuk P., Molenda M., Horabik J., Gallego E. DEM study of microstructural effects in friction of wheat on corrugated steel surface. *Tribology International*. 2023. Vol. 183. 108435. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108435.

УДК: 631.356.2

МЕХАНІЗМ АГРЕГАТУВАННЯ ДЛЯ МОСТОВОЇ МАШИНИ

Бойко В.Б., Клименко О.В., Гуменюк О.О.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сучасне агровиробництво потребує постійного вдосконалення методів вирощування культур з урахуванням економічної ефективності, екологічної безпеки та енергозбереження. Одним із найбільш перспективних рішень у цьому напрямі є технологія мостового землеробства, що базується на застосуванні висококліренсних агромостів [1, 2]. Використання таких машин дозволяє локалізувати зони ущільнення, зберегти структуру орного шару, покращити умови для розвитку кореневої системи та зменшити кількість проходів техніки по полю.

Аналіз досліджень. Мостове землеробство передбачає агрегатування агромостів із широким спектром сільськогосподарських машин для виконання основних польових операцій: сівби, обробітку міжрядь, внесення добрив, захисту рослин тощо. Аналіз науково-технічних джерел [3, 4] засвідчує, що існуючі агрегатувальні пристрої адаптовані під особливості конструкції тракторів. Використання даних пристрої для агрегатування на мостових машинах обмежує їх можливості у зв’язку з іншим алгоритмом

роботи навісного механізму, що знижує ефективність використання агромостів у виробничих умовах.

Мета досліджень – розробка універсального механізму адаптованого для агрегатування агромостів із сільськогосподарськими машинами, який забезпечуватиме швидке, безпечне та надійне з'єднання і керування положенням робочих органів знаряддя відносно агромоста.

Результати досліджень. Важливою особливістю агрегатування агромостів із сільськогосподарськими знаряддями є наявність високого клірансу, що дає змогу встановлювати робочі органи безпосередньо під фермою машини. Така схема дозволяє точно позиціонувати знаряддя у міжряддях, забезпечує контроль за процесом виконання операцій і усуває необхідність розташування обладнання позаду, як у традиційних тракторах.

Конструкція механізму агрегатування повинна забезпечувати рівномірне вертикальне копіювання рельєфу поля для підтримання стабільної глибини обробітку чи посіву. Використання швидкознімних вузлів робить можливим оперативну заміну знарядь без демонтажу основних елементів кріплення.

Керування механізмом виконується за допомогою гідравлічних або електрогідравлічних систем, які інтегруються з системою управління агромостом. Сучасні рішення передбачають автоматичне позиціонування робочих секцій відповідно до рядків за допомогою GPS-навігації чи оптичних сенсорів, що дозволяє мінімізувати людський фактор і запобігти втратам урожаю через наїзд на рослини.

Таким чином, при проектуванні механізму агрегатування необхідно враховувати параметри міжрядь, особливості ферми агромоста, масу знарядь, систему кріплення та специфіку виконуваних технологічних операцій. Раціонально спроектований пристрій забезпечує точність роботи, економію ресурсів і зростання продуктивності праці.

За результатами проведеного аналізу існуючих конструкцій врахувавши їх переваги та недоліки і особливості агротехніки мостової технології вирощування овочевих культур розроблено нову схему механізму агрегатування агромоста з навісними знаряддями (рис. 1). Використання гідроприводу з елементами стабілізації забезпечує плавність руху без ривків і реалізує п'ять режимів керування положенням знарядь відносно ферми та поверхні ґрунту: поворот на 180°, піднімання, вимкнено, опускання, та плаваючий режим для реалізації копіювання рельєфу знаряддями. Робочий цикл механізму відбувається за таким алгоритмом. На початку загінки відбувається з'єднання знаряддя з платформою агромоста за допомогою швидкознімних зачепів 9, після чого агрегат піднімається над ґрунтом і встановлюється у міжряддя. Опускання знаряддя здійснюється за допомогою гідроциліндра двосторонньої дії 2, опор 6, опорні ролики 8 яких ковзають по напрямних каретки 1 та платформи для агрегатування 4. Для

копіювання рельєфу механізм переводиться у плаваючий режим шляхом сполучення поршневої та штокової порожнин гідроциліндра. Після виконання проходу наприкінці рядка виконується підйом знаряддя та поворот приєднувальної платформи на 180° за допомогою актуатора 3. Далі ферма зміщується на наступне міжряддя, і цикл повторюється.

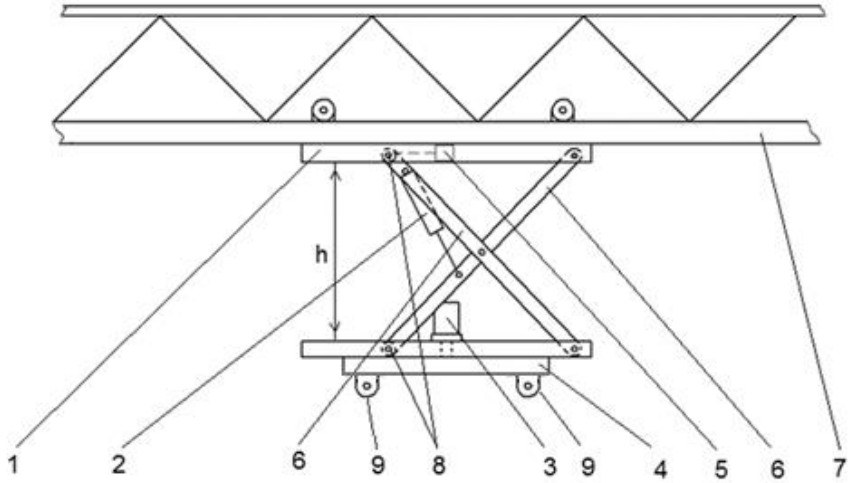


Рис. 1. Механізм агрегатування мостової машини: 1 – рухома каретка; 2 – гідроциліндр двосторонньої дії; 3 – актуатор; 4 – приєднувальна платформа; 5 – датчик контролю переміщення платформи; 6 – опори; 7 – напрямні рейки мостової машини; 8 – опорні ролики

Застосування поворотної платформи дозволяє уникнути холостих переїздів технологічного модуля та суттєво підвищує продуктивність мостової машини в агрегаті з навісними знаряддями.

Висновки. Проведені дослідження дозволили створити конструкцію механізму агрегатування, адаптовану до особливостей мостового землеробства. Використання гідравлічного приводу з елементами стабілізації забезпечує плавність руху механізму без ривків та стабільне положення робочих органів під час виконання технологічних операцій. Реалізовані режими керування – піднімання, опускання, поворот, вимкнений та плаваючий – дають змогу точно регулювати роботу агрегату відповідно до рельєфу поля. Впровадження поворотної приєднувальної платформи значно підвищує продуктивність машини, скорочує холості переїзди і сприяє підвищенню ефективності технологічного процесу в системі мостового землеробства.

Список використаних джерел

1. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень : монографія / Кобець А. С., Теслюк Г. В., Пугач А. М., Сокол С. П., Надикто В. Т., Улексін В. О., Бойко В. Б., Золотовська О. В., Теслюк Ю. В. – Дніпро : Акцент, 2023. – 367 с.

2. Агроміст : пат. 127654 України : МПК A01B3/74, A01B61/00, A01B76/00, A01B49/00. №a202200028 ; заявл. 04.01.22 ; опубл. 15.11.23, Бюл. № 46. 3 с.

3. Механізм навіски трактора : пат. 14394 України : МПК: A01B59/00. № u200510822 ; заявл. 15.11.2005 ; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5. 2 с.

4. Prasanna Kumar G.V. Geometric performance parameters of three-point hitch linkage system of a 2WD Indian tractor / Res. Agr. Eng.. — 2015. — Vol. 61, № 1. — P. 47–53. — DOI: 10.17221/79/2012-RAE.

УДК 631.147

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕХАНІЗОВАНОЇ БОРОТЬБИ З БУР'ЯНАМИ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Савченко І.Ф., Рихлівський П.А., Коновал О.О.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Одним зі стримувальних техніко-технологічних чинників, який заважає впровадженню в Україні органічного землеробства є відсутність достатньої популяризації практичних рекомендацій із застосування ефективних методів боротьби з бур'янами та засобів механізації для їх реалізації, зокрема за вирощування овочевих і просапних культур.

Відомі напрацювання із застосування просапних культиваторів з набором робочих органів механічної дії, засобів теплової дії, зокрема вогневої для боротьби з бур'янами в міжрядді, захисній зоні та в рядках культурних рослин [1].

До кожного виду овочевих і просапних культур в залежності від фаз їх розвитку потрібен окремий підхід для ефективного застосування вище згаданих засобів механізації. Важливо враховувати як механічні, так і теплофізичні характеристики цих рослин. В цьому напрямку в ІМА АПВ НААН накопичений достатній досвід механізованої боротьби з бур'янами.

Високі механічні характеристики мають, наприклад, кукурудза, соняшник, розсадні овочеві культури, що дозволяє поліуретановими ротаційними пальчиково-зірчатими прополювальними дисками видаляти бур'яни на початкових стадіях їх розвитку в захисних зонах і в рядках цих культур. У всіх цих випадках треба здебільшого розраховувати на видалення бур'янів на початкових стадіях розвитку.

Важливим прийомом є досходове теплове знищення бур'янів, які з'являються до появи сходів культурних рослин. Це особливо ефективно для тугосхожих культур, таких як столова морква, яка сходить через десять днів

і більше. За цей час сходить перша хвиля бур'янів, які особливо небезпечні для розвитку культурних рослин.

А що робити з посівами, наприклад, буряків, які можуть сходити на 5–6-й день? Інститут одержав патент «Спосіб вирощування столових буряків», який особливо цікавий для органічного землеробства. Спосіб полягає у дражуванні насіння буряка для затримки його проростання з метою можливості знищення більшої кількості бур'янів до появи сходів. В драже вводять стимулятори росту, фосфор і калій в легкодоступній формі для прискорення росту пророслого буряка, щоб знову дати певний період для випередження росту перед бур'янами. Це дозволить при досягненні 5–6 листочків у буряка, у кращому випадку 3–4 листочків, застосувати поліуретанові ротаційні пальчиково-зірчасті прополювальні диски для видалення бур'янів в захисних зонах і у рядках [2].

За наукового супроводу ІМА АПВ НААН в ТОВ «АЗТЕХ Україна» організовано випуск на замовлення культиваторів термічної дії «Fighter». Компанія «Айкью Композит» виготовляє поліуретанові прополювальні диски, проводиться співпраця з інститутом над удосконаленням їх конструкції.

Важливим для ефективного застосування вище перерахованих засобів механізації для боротьби з бур'янами в рядках овочевих і просапних культур є автоматичне водіння МТА за заданою траєкторією. Комплект обладнання ІМА-1А конструкції ІМА АПВ НААН забезпечує догляд за рослинами із захисними зонами до 5 см.

З вище викладеного можна зробити висновок, що ефективне механізоване вирощування органічної продукції у виробничих умовах можливе, але потрібні додаткові витрати на придбання спеціальної техніки, які треба компенсувати аграріям для одержання від цієї роботи прибутку. Це потребує удосконалення існуючих вітчизняних законодавчої і нормативної баз [3].

Список використаних джерел

1. Савченко І. Ф., Рихлівський П. А., Борис А. М. Технічні засоби для ефективної боротьби з бур'янами в овочівництві / Аграрна наука виробництву «Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок». Київ, 2024. №1(107). С. 29 – 30.

2. Спосіб вирощування столових буряків: пат. на винахід. № 121956 Україна МПК A01C 21/00, A01G 22/25, A01H 6/02 / В. В. Адамчук, І. Ф. Савченко, П. А. Рихлівський О. О. Коновал, М. І. Грицишин, В. В. Ратушний, М. Л. Мінц, В. С. Галай, А. Ю. Сороковіков. № (а) 2022 04472; заявл. 28.11.2022; опубл. 23.07.2025, Бюл. № 30.

3. Органічне виробництво в умовах зміни клімату: технології і техніка : матеріали Міжнародної наук.-техн. онлайн-конф. (4–5 жовтня 2023 р., смт Глеваха) / ІМА АПВ НААН; В. В. Адамчук (гол. редактор), 2023. https://imaap.org.ua/info/attach.php?id=841

УДК 662.636/8-047.37

НАПРЯМКИ ПРОЕКТУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ВИРОБНИЦТВ У ГОСПОДАРСТВАХ

Єременко О.І., Войналович О.В., Данько М.А.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Гранулювання чи брикетування вторинної біомаси дозволяє суттєво збільшити насипну щільність та питому енергомісткість біопалива, що спрощує логістику та зменшує подальші витрати. Разом з цим, пресування біомаси – це трудомісткий та енергозатратний процес. Основною сировиною для виробництва твердих видів біопалива в умовах агропромислового виробництва є вторинна біомаса, в першу чергу, пожнивні рештки: солома, стебла, листя кукурудзи і соняшнику тощо.

Спалювання біопаливних гранул дозволяє автоматизувати процес подачі і горіння. Але навіть при використанні в умовах агропромислового виробництва необхідно забезпечити належну якість твердих видів біопалива [1].

Таким чином, проектування технологічних ліній гранулювання вторинної біомаси у господарствах є регламентованим і перспективним напрямком розвитку сучасної біоенергетики.

Для визначення якості проби біомаси необхідно використовувати європейські стандарти CEN/TS 14779 «Solid biofuels. Sampling. General requirements», CEN/TS 14778-1 «Solid biofuels. Sampling. Part 1. Methods for sampling» і CEN/TS 14778-2 «Solid biofuels – Sampling – Part 2: Methods for sampling particulate material transported in lorries», а також стандарт України [2].

Для виробництва гранульованого біопалива потенціальний ресурс сировини доцільно визначати за формулою:

$$CE = \sum_{i=1}^{n} s_i u_i \left(k_{пп}^{i} - \left(k_{пп}^{iв} + k_{к}^{i} \right) - \sum_{j=1}^{m} N_J T_J m_n^J \right) \rightarrow \max; \qquad (1)$$

де CE – вихід із сівозміни вторинної біомаси (соломи) придатної для енергетичних потреб, кг; $k_{пп}^{i}$ – коефіцієнт виходу побічної продукції i-ї культури.

Проведено проектування підприємства малої потужності з гранулювання побічної продукції аграрного господарства. Комплект обладнання буде складатися з двох ліній для гранулювання біосировини:

– міні-лінія гранулювання біомаси ЕКО-БІО 100 продуктивністю 100 кг/год, що дозволить крім виробництва біопаливних гранул і

комбікормів, гранулювати високоліквідну сільськогосподарську сировину з метою спрощення логістики та продовження терміну зберігання;

– прес-гранулятор біомаси ПГ-200 продуктивністю 200 кг/год, що забезпечує у напівавтоматичному режимі виробництво гранульованих видів біопалива та комбікормів.

Для виробництва гранул буде застосовуватися сільськогосподарська побічна продукція: солома, сіно, рештки зерноочистки, подрібнені зерносуміші та інші види вторинної біомаси.

Продуктивність цеху гранулювання сировини становитиме 2 т гранул за добу: біопаливні гранули, якість яких відповідає діючим стандартам ЄС EN 14961-2; гранульовані комбікорми. Цех гранулювання буде розміщено в одному приміщенні площею 45 м^2 (рис. 1). Виробниче приміщення повинно відповідати вимогам будівельних норм і правил [2]. Опалювання приміщення буде здійснюватися теплогенератором на біомасі потужністю 50 кВт. Обладнання систем вентиляції та опалення відповідатиме вимогам чинних стандартів України. У виробничих приміщеннях необхідно дотримуватись вимог пожежної безпеки та обладнати первинними засобами пожежогасіння згідно з НПАПБ А.01.001. Мікроклімат у цеху повинен відповідати санітарним нормам згідно з ДСН 3.3.6.042. Освітленість робочих місць має відповідати вимогам ДБН В.2.5-28.

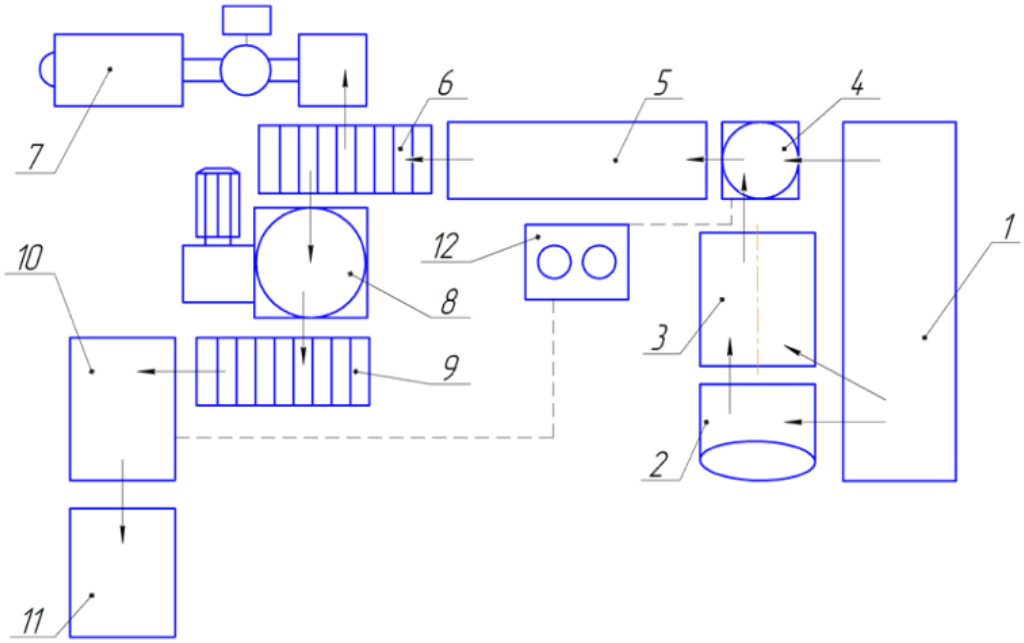


Рис. 1. Технологічна схема лінії гранулювання біомаси: 1 – платформа сировини; 2 – подрібнювач тюків соломи; 3 – аеродинамічна сушарка; 4 – подрібнювач соломи; 5 – бункер накопичувач; 6 – транспортер сировини; 7 – міні-лінія гранулювання біомаси ЕКО-БІО 100; 8 – прес-гранулятор ПГ-200; 9 –транспортер гранул; 10 – просіювач гранул; 11 – платформа готової продукції; 12 – система пиловловлювання

Виробництво гранул здійснюється у такий спосіб. Спочатку сировину попередньо подрібнюють, сушать, подрібнюють до фракційного стану 1-5 мм. Далі підготовлену біомасу гранулюють у матричних прес-грануляторах. Отримані гранули охолоджують, просіюють і фасують [1].

Міні-лінія гранулювання ЕКО-БІО 100 (табл. 1) виробляє гранули з біомаси, фракційний склад якої становить 1-5 мм та вологість 12-14 %. Лінія дозволяє реалізувати 4 технологічні операції: змішування і кондиціювання сировини, гранулювання, охолодження та просіювання гранул.

За результатами проектних розрахунків визначено, що для виробництва гранул витрачається 3-5 % енергії, яку можна отримати від їх спалювання. Теплотворна здатність складає 4,5-5,0 кВт-год/кг, що в 1,5 рази більше, ніж у розсипної соломи і зіставна з бурим вугіллям.

Таблиця 1

Технічна характеристика міні-лінії гранулювання ЕКО-БІО 100

Назва показника, одиниця виміру	Значення
Електрична споживча потужність, кВт	8,85
Маса, кг	340
Площа, м кв.	4
Максимальна висота, мм	2230
Джерело електроенергії	380 В/25 А
Продуктивність (гранули з соломи), кг/год	100
Типорозмір гранул за діаметром, мм	3,5; 4,5; 6; 8

Спалювання гранульованого біопалива у топці котла відбувається більш ефективно, зокрема кількість золи не перевищує 1,5-2,0 % від загального об'єму використаного палива. У сучасних котлах зола може використовуватися як добриво. Для багатьох регіонів при використанні твердого біопалива на відміну від вугілля або нафтопродуктів знижуються витрати на його транспортування.

Список використаних джерел

1. Єременко О.І., Поліщук В.М., Шворов С.А., Скібчик В.І. Розрахунок обладнання для отримання біопаливних гранул і брикетів: монографія. К.: НУБіП України, 2021. 244 с.

2. ДСТУ-П CEN/TS 15210-1:2009: Біопаливо тверде. Методи визначення механічної міцності паливних гранул та брикетів. Частина 1. Гранули (CEN/TS:15210-1:2005; IDT). [Дійсний від 2009-06-22]. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 6 с.

УДК 631.362

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ МЕХАТРОНІКИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

Нєдєльський Д.С., Петренко Д.І.
Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Аналіз технологічного забезпечення післязбиральної обробки зернових сумішей дозволяє констатувати важливість сепарації, яка передбачає очищення від сторонніх домішок та доведення до кондиційних вимог [1]. Так, на сьогоднішній день питання якості і продуктивності сепараторів знову стає актуальним, оскільки фермери потребують максимальної збереженості вирощеного врожаю, що неможливо реалізувати без післязбирального очищення.

Найбільш універсальним засобом, який можна використовувати на всіх етапах післязбиральної обробки зернової суміші є сепарація за аеродинамічними ознаками. Незважаючи на значну кількість пневмосепараційних систем, як показує практика, всі вони мають ті чи інші недоліки, які не дозволяють забезпечити необхідну якість очищення зернових сумішей при підвищених навантаженнях. Це можливо пояснити відсутністю автоматичного налаштування виконавчих систем сепараторів при зміні технологічних умов – вологості, засміченості тощо зерноматеріалу. Саме тому актуальним сьогодні є пошук нового шляху підвищення технологічної ефективності зерноочисних пневмосепараторів за рахунок застосування систем автокоригування [2-4].

Аналіз останніх досліджень. При проєктуванні пневмосепараторів, в першу чергу, звертають увагу на рівномірність подачі матеріалу до аспіраційного каналу, що сприятиме створенню умов для ефективної взаємодії повітряного потоку та елементів зерносуміші [1, 5, 6].

Так, в роботі [5] автором доводиться ефективність попереднього розшарування матеріалу у горизонтальному напрямку у вигляді «струменів», що сприяє утворенню зернових міні-каналів, сприяючи таким чином більш рівномірному проходженню повітряного потоку крізь шар матеріалу. Натомість, авторами [6] запропоновано розділити зерносуміш по вертикалі на *n*-шарів, кожен з яких матиме рівномірне розподілення відносно повітряного потоку й імітуватиме одношарову подачу, яка є більш сприятливою для ефективної сепарації.

Ще одним рішенням, яке дозволяє виконати попереднє розшарування зерносуміші за аеродинамічними властивостями, є пневмогравітаційний сепаратор [7]. Дана система містить вертикальний канал, де зерносуміш під час вільного падіння попередньо розшаровується внаслідок різниці

аеродинамічних властивостей. Це сприяє більш ефективному виділенню легких домішок при досягненні позиції, де на зерносуміш починає діяти повітряний потік, внаслідок чого траєкторія легких домішок суттєво змінюється, прямуючи за повітряним потоком.

В даному випадку, параметри завантажувального механізму будуть корелювати з параметрами пневмоканалу, що вимагає застосування автокорегування системи.

Мета досліджень. Для підвищення точності коригування системи завантаження зерноочисної машини варто використовувати автоматизацію процесу зі зворотнім зв'язком, що дозволить реалізувати контроль і керування процесом сепарації. Саме цьому питанню і присвячені дані дослідження.

Основним завданням є дослідження системи подачі зернової суміші сепаратора з вертикальним пневмогравітаційним каналом з використанням мехатронних систем автоматизації управління.

Результати досліджень. Система точного контролю подачі зернової суміші повинна забезпечувати, в першу чергу, визначену точність коригування положення заслінки для рівномірного розподілу зернової суміші по всьому перерізу каналу. Об'єм подачі, швидкість та рівномірність подачі суміші коригується за допомогою конусоподібного розподільника (рис. 1).

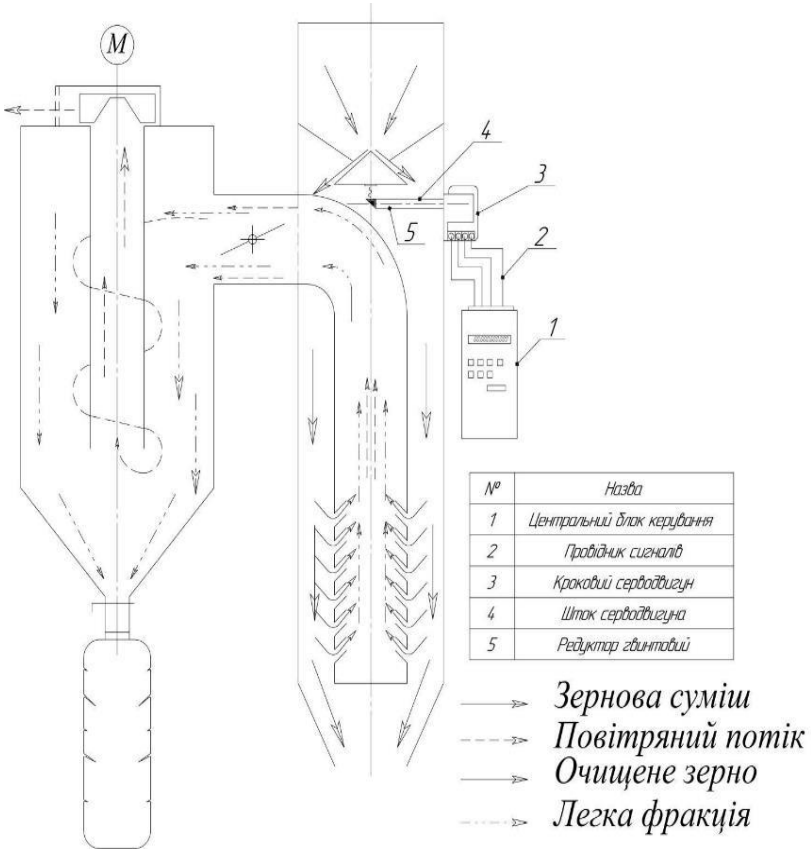


Рис. 1 Схема пневмогравітаційного сепаратора з автоматизованим завантаженням зерносуміші

Конусоподібний розподільник сепаратора має привід через передачу гвинт-гайка 5, який дозволяє переміщувати його на визначену величину у вертикальній площині. Переміщення розподільника через зазначену передачу пропонується реалізувати за допомогою покрокового серводвигуна 3, який, зсуваючи шток 4 на певний кут, буде забезпечувати точний вертикальний зсув визначеного кроку.

Для автоматизації процесу прецизійного регулювання подачі зернової суміші пропонується застосувати гібридний кроковий серводвигун моделі LeadShine 3DM580S. Цей виконавчий механізм забезпечує обертання вала з регульованою швидкістю в межах від 5 до 100 об/хв та працює від напруги живлення 12 В.

Оскільки стабільність процесу залежить від вхідних параметрів сировини, ключовим елементом системи контролю є моніторинг вологості. З цією метою в приймальний бункер інтегрується універсальний цифровий датчик вологи, наприклад, гігрометр XH-B403. Датчик передає дані про поточний рівень вологості на мікроконтролер для подальшого відображення на інформаційному LCD-дисплеї блоку керування. Робоча напруга датчика також становить 12 В.

Контроль зсуву розподільника на задану величину забезпечує датчик кутового зміщення, який вбудовано в модуль крокового двигуна.

У блоці керування 1 відбувається програмна обробка вхідних даних від усіх сенсорів. На основі цих розрахунків формуються команди (імпульси), що передаються на приводи. Кінцева функція даного контролю – автоматичне встановлення заданої швидкості подачі зерносуміші.

Висновок. Розроблена система спрямована на досягнення визначеної точності коригування подачі, що є критично важливим для рівномірного розподілу зернової суміші по всьому перерізу пневмогравітаційного каналу. Це безпосередньо впливає на якість очищення та його ефективність. Система передбачає моніторинг ключових вхідних параметрів. Зокрема, для контролю вологості зернової суміші інтегровано цифровий гігрометр XH-B403. Дані з датчика передаються на мікроконтролер і відображаються на LCD-дисплеї, що дозволяє враховувати змінну вологість сировини під час автоматичного регулювання. Кінцевий результат – автоматичне встановлення оптимальної швидкості подачі, що забезпечує стабільність та ефективність процесу сепарації.

Список використаних джерел

1. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентилювання, охолодження) : колект. монографія / Котов Б. І. та ін.; Нац. акад. аграр. наук України, Нац. наук. центр "Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва". Київ; Ніжин : Лисенко М. М. [вид.], 2017. 551 с.

2. Aliiev E. Lupko K. Kobets O. Development of adaptive seed-separation trier for small-seeded crops. Bulletin of the Transilvania University of Brasov.

Series II: Forestry. Wood Industry. Agricultural Food Engineering. 2023. 16 (65), 1. P. 103–126. DOI: 10.31926/but.fwiafe.2023.16.65.1.8.

3. Нєдєльський Д.С., Петренко Д.І. Мехатронні принципи керування зерноочисними сепараторами. Вісник Степу. Науковий збірник ІСГС НААН. Вип. 22. Вінниця : НІЛАН-ЛТД, 2025. С. 84-86.

4. Алієв Е. Б., Гаврильченко О. С. Обґрунтування автоматизованої системи керування потоком повітря в аеродинамічному сепараторі насіннєвого матеріалу. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві. Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2019. Вип. 201. С. 132–140.

5. Обгрунтування параметрів пневмосепаруючої системи інерційного прямоточного сепаратора зерна [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Лещенко Сергій Миколайович ; Кіровогр. нац. техн. ун-т. Кіровоград, 2010. 20 с.

6. Нестеренко О.В., Лещенко С.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І. Оцінка рівномірності розподілу та засміченості зерна при його багаторівневому введенні в пневмосепаруючий канал. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кропивницький : ЦНТУ. Вип. 51. 2021. С. 111-116. DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.111-116.

7. Пневмогравітаційний сепаратор : пат. 153219 Україна : МПК B07B 4/02 (2006.01), B07B 7/01 (2006.01). № u 202203732 ; заявл. 05.10.2022 ; опубл. 07.06.2023, Бюл. № 23/2023.

УДК 331.45:631.3

ДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ ПРИ СІВБІ АГРЕГАТАМИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING

Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Мельниченко В.І., Гриценко О.Ю.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Титаренко С.С.
ТОВ «Агротек-Інвест», м. Дніпро

Постановка проблеми. Більшість сучасних сівалок, які знайшли застосування в цифровому землеробстві, відображають багато показників: норма та глибину висіву, сингулярність, притискне зусилля сошника, притиск на опорних колесах. за допомогою систем AirVac, AirSpeed та AutoForce, що забезпечує високу точність посів [1, 2]. Однак, навіть

максимально технологічна конструкція сівалок не може забезпечити дотримання всіх агротехнічних номер через, наприклад, через роботу на складному агрофоні, який спричинює значні та стохастині вібрації. Вібрації буквально «змушують» відриватись насіння від отворів, а датчики, які мають контролювати кількість насінин не завжди можуть фіксувати реальні показники. Це пояснюється тим, що ці дані збираються з оптичного датчику, який має низьку точність. В більшості випадків датчик встановлений в середній частині висівної трубки. Чим нижче встановлений датчик - тим точніші дані він буде відображати. Це обумовлено тим, що після проходження датчику рух насінини може бути не сталим. Крім того, запиленість у зоні фіксації датчика також може призводити до погіршення точності інформації. Насінина може вдарятися об стінки висівної трубки внаслідок високої вібрації висівної секції. Розповсюджені причини високої вібрації сівалки:

- висока робоча швидкість руху V_p посівного МТА;
- зношеність компонентів (втулок) сівалки;
- неякісно підготовлений грунт, структура ґрунту неоптимальна.

До конструктивних вад, які знижують якість сівби відносяться пошкодження насіннєвої трубки дисками сошника. І хоч такий недолік зустрічається, як правило при високому зношенні захисту трубки, він має важливе місце.

Завдяки використанню насіннєвої трубки з датчиком WaveVision від компанії Precision Planting, можна отримати досить якісні показники сингуляції та індексу SRI – Seed Release Index, показник якості розкладки насіння в рядку. Це один з найважливіших показників при сівбі просапних культур. При оцінці SRI не враховуються двійники та пропуски. Цей показник фактично є коефіцієнтом варіації (коефіцієнтом середньоквадратичного відхилення). Коефіцієнт варіації $\times 10 = SRI$.

Вирішення завдання. Метою роботи було зафіксувати зміну вібрації посівної секції. Саме нерівномірна твердість ґрунту на рівні посівного ложа збурює коливні рухи секції і виникає вібрація. Занадто висока вібрація призводить до нерівномірної розкладки насіння (погіршення індексу SRI), а це у свою чергу негативно впливає на врожайність. Реалізувати збір бажаних даних можливо за допомогою обладнання та технології Precision Planting. Вона має функцію фіксації величини вібрації секцій і, таким чином, можемо непрямо визначати проблемні ділянки поля та змінювати параметри основного обробітку саме цих ділянок.

Для експериманту викорситовували агрегат John Deere 6175M + John Deere 7200+PP* з дооснащенням датчиками SmartPin (SP) і системою створення стабільного притискного зусилля

Експериментальна частина. Для проведення досліджень дії адаптивного землеробства за реалізації технології Precision Planting (PP) розробили таку програму досліджень.

1. Обрали експериментальне поле, площею 29,26 га.
2. Підготували посівний агрегат у складі енергетичного засобу і сівалки John Deere 6175M + John Deere 7200+PP з дооснащенням датчиками SmartPin (SP) і системою створення стабільного притискного зусилля.
3. Сівба кукурудзи за технологією PP+SP.
4. Контроль індексу якості розкладки насіння (SRI).
5. Контроль урожайності.

Так, отримана карта вібрацій посівних секцій на полі (рис. 1) показує, на яких ділянках вібрація є максимальна. Неочікуваним для авторів є зростання вібрацій на ділянці минулої «дороги» та на засолених ділянках ґрунтів.

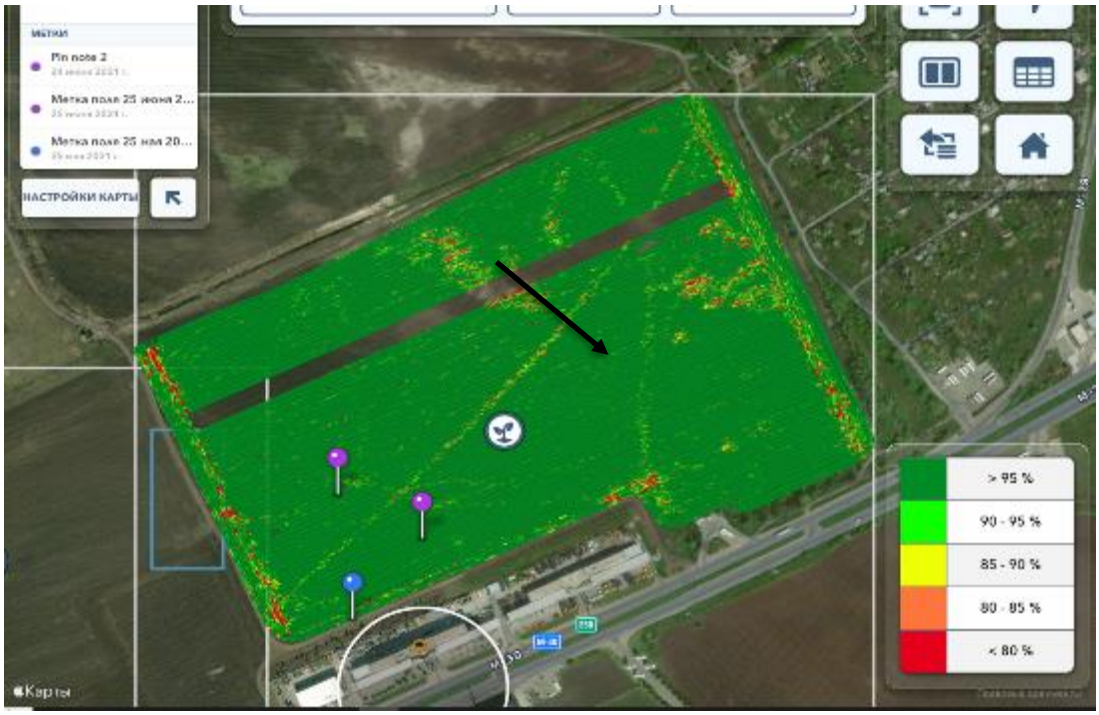


Рис. 1. Характеристика зміни величини вібрацій від місця розташування посівного МТА на полі

Як виявилося, колишня автомобільна дорога (вказано стрілкою), прокладена через поле, не використовувалася вже 10 років. Але її післядія на датчики сівалки негативно впливають, збільшуючи рівень вібрації до 85 % від оптимальної. Також високий рівень вібрації секцій був зафіксований на поворотних смугах полів. Саме в тих частинах, та на тлі ґрунтової дороги рівень SRI був найвищим (більше 38.8), а рівень урожайності кукурудзи – найменшим. Комплексне застосування технології Precision Planting з окремим контролем рівня вібрації та контролем притискного зусилля сошників забезпечило максимально прийнятний рівень SRI (14.95) та збільшення урожайності з 4,98 т/га на контролі до 5,34 т/га на дослідних ділянках.

Висновки. Експериментальними польовими дослідженнями встановлено, що агрегат John Deere 6175M + John Deere 7200+PP забезпечує вищу сингулярність насіння, про що свідчить високі показники індексу SRI.

Порівняльна урожайність кукурудзи на експериментальному полі склала:

- без застосування технології PP – 4,98 т/га;
- із застосуванням технології PP – 5,34 т/га.

Дослідження набувають розвитку у напрямку другої причини значних вібрацій, наведених у роботі – «зношеність компонентів (втулок) сівалки» шляхом застосування полімерно-композитних матеріалів в рухомих з'єднаннях сівалок.

*PP – сівалки, обладнана системою Precision Planting

Автори висловлюють подяку компанії ТОВ «Агротек-Інвест» в організації досліджень та сприянні у написанні даної роботи.

Список використаних джерел

1. О.Д. Деркач. Широкозахватні сівалки Turbosem для висівання просапних культур / Пропозиція, № 2, 2020 р., с. 8 - 11.

2. Титаренко С. С. Підвищення ефективності використання посівних агрегатів адаптивними рішеннями технології Precision Planting : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр» : 208, Агроінженерія / Титаренко Сергій Сергійович ; наук. керівник Деркач О. Д. ; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т , Інженерно-технологічний ф-т , Каф. експлуатації машинно-тракторного парку. – Дніпро, 2023. – 64 с. – Режим доступу : https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/8772.

УДК 631.33:631.5

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД ЧАС ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Дерев'янко Д.А., Комісарчук Ю.М.
Поліський національний університет
Руденко В.Г., Шевчук О.А.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

На сьогодні існує досить значний обсяг експериментальних робіт, спрямованих на створення обґрунтованого технологічного та технічного забезпечення підготовки ґрунтового середовища для вирощування картоплі. Більшість із цих робіт пов'язана з удосконаленням робочих органів машин, що використовуються для внесення добрив одночасно з виконанням обробітку ґрунту.

З метою підвищення врожайності картоплі запропоновано використовувати комбіноване ґрунтообробне знаряддя для рівномірного розподілу мінеральних добрив по всій глибині орного горизонту. Воно складається з рами 1 (рис. 1), навісного пристрою 2, обладнаного високонапірним вентилятором 3 із напірним повітропроводом 4 та повітророзподільними патрубками 5. На рамі змонтовані туковисівні апарати 6. До нижньої частини рами 1 прикріплені плужні корпуси, що складаються з відвалів 7 та лемешів 8. У задній частині відвалів 7 розташовані тукопроводи 9, герметично з'єднані з туковисівними апаратами 6. Вихідний патрубок тукопроводу 9 герметично сполучений з отворами 10 на лемеші 8. Вихідна порожнина отворів 10 спрямована дотично до відвалу 7, а тукопровід 9 з'єднаний з отворами 10 по дузі кола. Плужні корпуси прикріплені до рами знаряддя за допомогою стояків 11, а тукопроводи 9 захищені кожухами 12.

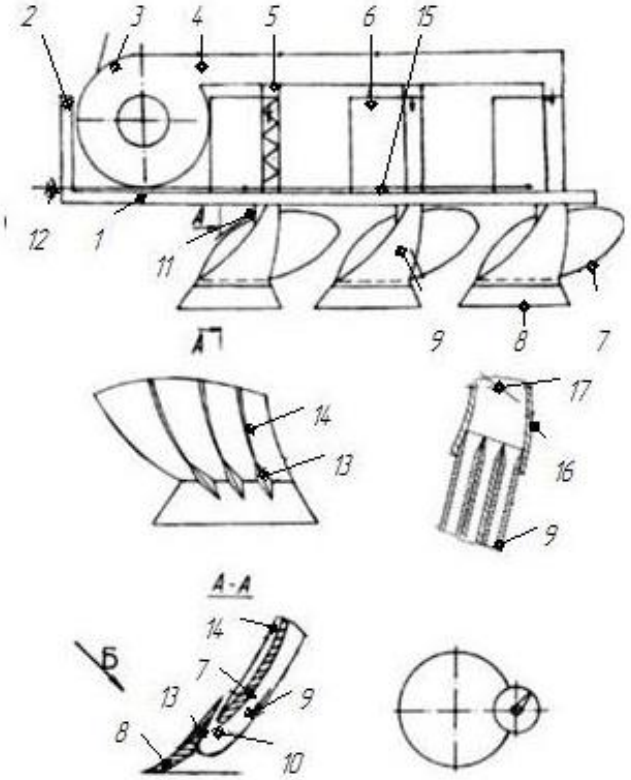


Рис. 1. Комбіноване ґрунтообробне знаряддя.

Над отворами 10 виконані розпушувальні виступи 13, ріжуча кромка яких спрямована по траєкторії руху пласта ґрунту, що підрізається лемешем 8. Зовнішня ріжуча кромка розпушувальних виступів 13 з'єднана з розпушувальними напрямними 14, установленими на зовнішній поверхні відвалів 7 за напрямними параболічними кривими. Ріжуча кромка розпушувальних виступів 13 має наплавлення твердим зносостійким сплавом. У бічній стінці туковисівного апарата 6 виконано дозатор-змішувач 15 добрив, який являє собою гвинтовий шнек із лівобічним

напрямом навивки. При цьому бічна стінка кожуха шнека з боку висівного апарата 6 відсутня. Нижня порожнина кожуха шнека 15 герметично з'єднана зі змішувачем-напрямником 16, який оснащений дозувальною заслінкою 17. Змішувач-напрямник 16 герметично з'єднаний із тукопроводами 9. Привід вентилятора 3 здійснюється від гідромотора.

Комбіноване ґрунтообробне знаряддя працює таким чином. Під час руху знаряддя у заглибленому стані леміш 8 підрізає шар ґрунту в горизонтальній площині та спрямовує його на відвал 7. Розпушувальні виступи 13 розрізають шар у вертикальній площині. При цьому в розрізану щілину шару з отвору 10 під тиском, який створюється вентилятором 3, по тукопроводах 9 подається тукоповітряна суміш. Оскільки розпушувальні виступи мають ріжучу кромку, спрямовану по траєкторії руху шару, вони зміщують і руйнують пласт у поперечному напрямку. На відвалі 7 частково розпушений шар піддається впливу розпушувальних напрямних 14, що покращує кришіння ґрунту. Тукоповітряна суміш проникає у пори зруйнованого шару та забезпечує рівномірне насичення всього орного горизонту добривами.

Суміш утворюється таким чином. Напірний потік повітря від вентилятора 3 через повітропровід 4 подається до повітророзподільних патрубків 5, з яких він надходить на витки шнека 15 та набуває лівобічного обертального руху. При цьому повітряний потік захоплює добрива з туковисівного апарата 6 і утворює тукоповітряну суміш, яка спрямовується до змішувача-напрямника 16, а з нього по тукопроводах 9 – у отвори 10. Норма внесення добрив регулюється заслінкою 17. Таким чином, це знаряддя, незважаючи на передбачені конструктивні елементи, спрямовані на поліпшення кришіння оброблюваного ним ґрунту, не забезпечує дрібнокомкуватої структури ґрунтового шару по всьому об'єму. Рівномірний розподіл добрив за глибиною також не є оптимальним. Крім того, використання для обробітку ґрунту відвальної поверхні не дозволяє зберегти у верхньому горизонті стерньові залишки, необхідні для формування захисного шару в зоні вітрової ерозії.

Розроблений в ЖАТФК робочий орган містить раму 1 (рис. 2), на якій закріплено стояк 2, плоскорізальну лапу 3, розташовані за нею осі 4, малі 5 і великі 6 дискові розпушувачі, за якими на стояку 2 та осі 7 закріплено плоский диск 8 із тукотранспортними лотками 9 та тукопровід 10.

Криволінійні тукотранспортні лотки 9 у осьовій частині диска мають кишеньки 11. Тукопровід 10, прикріплений до стояка 2, забезпечує подачу добрив з боку напрямку обертання (за ходом обертання).

Криволінійна поверхня центральної частини лотків 9 сприяє спрямуванню частинок добрив у кишеньки 11, де вони накопичуються, оскільки форма лотків являє собою дві суміщені криві лінії.

Добрива, переміщуючись від центра до периферії диска, повинні розташовуватись із змінною товщиною по радіусу та забезпечувати

стабільну подачу під час руху лотків у робочій зоні за умови їх повного спорожнення на лінії виходу з ґрунту. Для виконання цих умов необхідно, щоб добрива переміщувались по лінії зі змінною кривизною, параметри якої пов'язані з конкретними розмірами диска та кутом його повороту в робочій зоні.

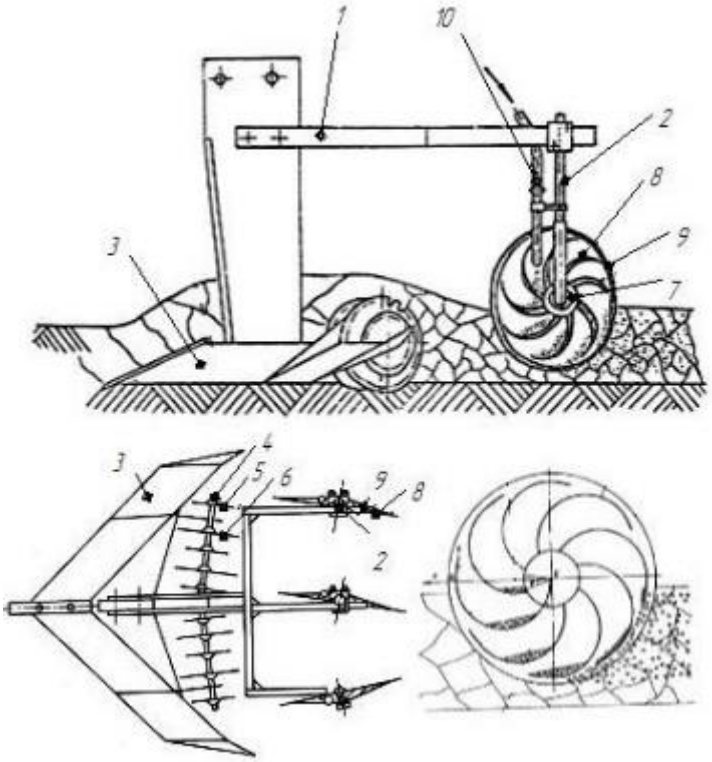


Рис. 2. Комбінований робочий орган для внесення добрив.

Під час руху робочого органа шар ґрунту в горизонтальній площині підрізається й без його обороту розпушується дисковими розпушувачами 5 і 6. Диск 8 під певним кутом атаки заглиблюється у розпушений ґрунт на глибину, що не перевищує його радіус, обертається та розрізає ґрунт, утворюючи щілину. Одночасно добрива подаються по тукопроводу 10 та накопичуються у верхній осьовій частині (кишеньках) 11 криволінійних лотків 9.

Під час обертання дисків 8 добрива під дією гравітаційних та інерційних сил переміщуються по лотках 9 і по дузі скочуються вниз у щілину. У результаті добрива розподіляються по висоті щілини та захоплюються ґрунтом, піднятим плоским диском 8. Таким чином утворюється суцільний вертикальний екран із добрив. Розподіл добрив починається в той момент, коли кінець лотка 9 займає найнижче положення (на дні щілини), і закінчується при виході лотка з ґрунту.

Описаний робочий орган не забезпечує якісного дрібноструктурного розпушення верхнього шару ґрунту і, подібно до комбінованого знаряддя, рівномірно розподіляє добрива за глибиною. При цьому туки, що

знаходяться у поверхневому шарі, виявляються малорухомими для кореневої системи рослин картоплі.

Список використаних джерел

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

2. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.

УДК 631.312; 631.316.22

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ ОБРОБЦІ ПЕРЕУЩІЛЬНЕНИХ СТАРООРНИХ ҐРУНТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ

Лещенко С.М.
Центральноукраїнський національний технічний університет

В умовах воєнного стану продовольча безпека країни залишається ключовим пріоритетом держави, а збільшення виробництва продукції рослинництва за умов зниження енерговитрат є важливим фактором подальшого розвитку і трансформації аграрного сектору. Реалізуючи технологічні процеси вирощування значної кількості продукції рослинництва, серед яких соняшник, ріпак, коренебульбоплоди, кукурудза, та ін., енерговитрати на обробіток ґрунту можуть досягати до 35% від загальних на весь технологічний процес.

Староорні ґрунти Центральної України характеризуються наявністю ущільнених підорних горизонтів, що формуються внаслідок багаторічного механічного впливу робочих органів і рушіїв машин і знарядь. Дослідження підтверджують [1…3], що ріст енерговитрат на обробіток ґрунту зумовлене системним погіршенням фізико-механічних властивостей ґрунтів, зміною структури оброблюваного горизонту та підвищеним ущільненням орного шару.

Переущільнення ґрунту негативно впливає на розвиток кореневої системи польових культур, знижує інфільтрацію вологи та посилює ерозійні процеси. За умов змін клімату та зростаючої частоти посушливих періодів,

питання ефективного обробітку переущільнених ґрунтів набуває особливої актуальності для забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва держави.

Одним із найбільш ефективних методів обробки переущільнених староорних ґрунтів є використання комбінованих глибокорозпушувачів, що реалізують глибоке розпушування без обертання скиби і порушення природної структури ґрунту. Принцип роботи зазначених агрегатів, основним робочим органом яких часто є чизельні лапи, базується на утворенні тріщин та розривів ґрунтових монолітів, що забезпечує розущільнення ґрунту при збереженні біологічно цінних агрегатів та вертикального розшарування обробленого горизонту.

Особливістю конструкції серійних комбінованих глибокорозпушувачів є поєднання в одному агрегаті кількох функціональних елементів, що дозволяє досягти необхідної за агровимогами структури обробленого ґрунту та підвищити загальну ефективність використання агрегатів для безполицевого обробітку.

Основні робочі органи, які себе добре зарекомендували на полях Центральної України, виготовляються у вигляді лап із прямим чи криволінійним стояком, що забезпечують сколювання і розпушення необроблених монолітів, руйнування ущільненого шару ґрунту на глибину не менше двадцяти семи – сорока п'яти сантиметрів. Прямолінійна конструкція стояка забезпечує кращу стійкість робочого органу в ґрунті до бокового зміщення та більш просте його виготовлення порівняно з криволінійними стояками. Це, зокрема, дозволяє проводити обробіток на більшу глибину при співставних енерговитратах.

Додаткові конструктивні елементи глибокорозпушувачів можуть встановлюватися на основних робочих органах чи додатково на раму знаряддя. До них відносяться різні за конструкцією крила чи закрилки, дискові ножі, зуби чи інші конструктивні елементи, що виконують функцію додаткового рихлення, розпушування чи зрушення ґрунту, перерізання або відведення від лез чи стояків лап рослинних решток тощо. На стояках лап серійних агрегатів або ж на долотах більшість виробників встановлюють різні за конструкцією крила, що розширюють зону деформації ґрунту кожним робочим органом та забезпечують суцільне розпушування міжлапового простору, створюючи більш вирівняну денну поверхню, інтенсивніше перерізання кореневих систем рослин та якісніше кришення грудок між стояками глибокорозпушувача.

Додаткові робочі органи глибокорозпушувачів переважно встановлюються за основними, і в більшості випадків виконують функцію опорних. Найчастіше такі додаткові робочі органи виконані у вигляді спарених чи одинарних котків, секцій дисків та інших конструкцій. Вони

забезпечують рівномірне подрібнення брил на поверхні поля, заробку і розподілення в обробленому горизонті рослинних решток, добрив, а за потреби, можуть додатково частково ущільнювати поверхню поля після обробітку.

Завдяки комбінуванню функцій основних та додаткових робочих органів і додаткових конструктивних елементів, комбіновані ґрунтообробні агрегати дозволяють скоротити кількість проходів по полю, знизити витрати пального та сприяють зниженню ерозії ґрунтів [2, 3].

На полях вітчизняних фермерів поширені подібні за конструкцією і призначенням агрегати іноземних виробників (BEDNAR, John Deere, Gaspardo, Lemken, KUHN), які характеризуються високою технологічністю і продуктивністю, однак їх використання в умовах Центральної України має ряд обмежень, що стосується високої вартості глибокорозпушувачів, можливості їх агрегатування із енергоємними тракторами, переважно закордонного виробництва, неповною адаптацією до дійсних ускладнених умов роботи та складністю і дороговизною поставок запасних частин і витратних матеріалів.

На противагу імпортним моделям, на базі Центральноукраїнського національного технічного університету розроблено сімейство комбінованих чизельних глибокорозпушувачів типу ЧН (рис. 1). Основними їх конструктивними відмінностями є використання прямолінійних стояків з додатковими крилами спеціальної геометрії, що дозволяє проводити глибоке розпушування (до 45 см) переущільнених староорних ґрунтів за умов зниженого тягового опору. Додатковими робочими органами даних комбінованих глибокорозпушувачів є спарені зубчасті котки (подібні за принципом дії до Tandem Spiked) які до того ж виконують функцію опорних. Спарені зубчасті котки подрібнюють грудки, загортають рештки (на глибину до 20 см) та забезпечують механічне регулювання глибини, сумісне з вітчизняними енергетичними засобами.

Рис. 1. Комбінований ґрунтообробний агрегат ЧН

Для об'єктивної оцінки доцільності використання комбінованих агрегатів типу ЧН в умовах Центральної України доцільно провести порівняльний аналіз основних технічних та економічних показників різних типів глибокорозпушувачів (таблиця 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика глибокорозпушувачів

Показник	BEDNAR Terraland	John Deere 915	Lemken Labrador	ЧН
Глибина обробітку, см	до 55	до 45	до 50	до 45
Потужність трактора, к.с.	250-350	280-400	250-490	100-300
Ширина захвату, м	3,0-4,0	3,5-4,5	3,0-7,0	1,5-4,0
Вартість, тис. дол. США	65-85	75-95	60-80	20-35
Вага агрегату	2300 кг до 3800 кг	впливає кількість лап	894 кг до 5667 кг	1200 кг до 2500 кг
Можливість роботи з вітчизняними тракторами	обмежена	обмежена	обмежена	повна

Отже, закордонні глибокорозпушувачі провідних виробників характеризуються високою вартістю, необхідністю агрегатування із потужними тракторами закордонного виробництва та мають обмежену адаптацію до дійсних ускладнених умов роботи. Впровадження в господарствах Центральної України комбінованих чизельних глибокорозпушувачів типу ЧН є необхідним елементом адаптивних систем землеробства, спрямованих на відновлення та підтримання продуктивності переущільнених староорних ґрунтів. Використання таких агрегатів дозволяє ефективно вирішувати проблему деградації ґрунтів при суттєвому зниженні енергетичних та економічних витрат, що забезпечує сталий розвиток сільськогосподарського виробництва за умов обмежених ресурсів.

Список використаних джерел

1. Посібник. Машини для обробітку ґрунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 288 с.

2, Лещенко С.М. Оцінка енергоємності глибокого обробітку ґрунту комбінованими чизельними глибокорозпушувачами / Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 31. – Кропивницький: КНТУ, 2018 р. – С. 10–20.

3. Лещенко С. Оптимальний чизель / С. Лещенко, В. Сало // The Ukrainian Farmer. Журнал щомісячник. – К.: ТОВ «АГП Медіа», 2020. – Вип. 10 – С. 118-119.

УДК 631.362

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ РЕШЕТА ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ЯКІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ЗБІЖЖЯ

Бажан І.М., Васильковський О.М., Лещенко С.М.
Центральноукраїнський національний технічний університет

Забезпечення продовольчої безпеки пов’язане із якістю зерна, що надходить на зберігання та подальшу переробку. Після збирання врожаю зернозбиральними комбайнами зерновий ворох містить значну кількість домішок як органічного так і мінерального походження. Наявність домішок погіршує якість врожаю, знижує схожість зерна, сприяє розвитку мікроорганізмів при зберіганні, ускладнює наступні етапи переробки [1-4].

Основною операцією післязбиральної обробки врожаю є очищення зерна на машинах загального призначення. Серед різних технологій видалення домішок, найпоширенішим залишається решітне очищення, яке базується на розділенні компонентів зернової суміші за розмірами частинок. Ефективність решітної сепарації визначається рядом факторів: конструктивних особливостей, режимів коливань решіт, властивостей оброблюваного матеріалу тощо.

Актуальність дослідження параметрів і режимів роботи решіт обумовлена необхідністю підвищення продуктивності зерноочисних машин при одночасному поліпшенні загальної якості очищення. Традиційні конструкції решіт мають певні обмеження щодо питомої продуктивності, що вимагає пошуку нових технічних рішень для інтенсифікації процесу сепарації.

Ефективність роботи решіт зерноочисних машин визначається комплексом параметрів [2], серед яких:

- конструктивні параметри решіт: форма отворів, розміри отворів, товщина решітного полотна, коефіцієнт живого перерізу, розташування отворів відносно напрямку руху матеріалу;
- кінематичні параметри: амплітуда коливань решета, частота коливань, траєкторія руху решітної поверхні, швидкість переміщення матеріалу;
- технологічні параметри: питома подача, кут нахилу решета, вологість оброблюваного матеріалу, ступінь засміченості вихідної суміші.

Важливим конструктивним параметром решіт є коефіцієнт живого перерізу ε, який визначає співвідношення площ отворів до площі решітної поверхні:

$$\varepsilon = \frac{F_{отв}}{F_{заг}} \cdot 100\%,$$

де $F_{отв}$ – сумарна площа отворів решета, м^2; $F_{заг}$ – загальна площа решета, м^2.

Для решіт з продовгуватими отворами, розташованими паралельно осі решета, коефіцієнт живого перерізу можна визначити за формулою:

$$\varepsilon = \frac{l \cdot b}{(l + t_1)(b + t_2)} \cdot 100\%,$$

де l, b – довжина та ширина отвору, мм; t_1, t_2 – товщина поздовжньої та відповідно поперечної перетинки решета, мм.

Збільшення коефіцієнта живого перерізу теоретично сприяє підвищенню продуктивності решета, однак надмірне його зростання призводить до зниження міцності конструкції та погіршення якості розділення через недостатню площу для транспортування зернового матеріалу.

Під час роботи плоскі коливальні решета здійснюють складний коливальний рух, який забезпечує переміщення зернового матеріалу вздовж робочої поверхні та його розділення на прохідну і непрохідну фракції [3]. Переміщення частинки зерна по решету описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} m\dfrac{d^2x}{dt} = -F_{тр} + ma\omega^2 \cos(\omega t)\cos\alpha; \\ m\dfrac{d^2y}{dt^2} = N - mg + ma\omega^2 \sin(\omega t), \end{cases}$$

де m – маса частинки, кг; x, y – координати частинки; $F_{тр}$ – сила тертя, Н;

a – амплітуда коливань, м; ω – кутова частота коливань, рад/с; α – кут нахилу решета до горизонту, град; N – нормальна реакція опори, Н.

Важливим параметром, що характеризує інтенсивність віброобробки, є віброшвидкість [4]:

$$\vartheta_{вібр} = a\omega = a \cdot \frac{2\pi n}{60}.$$

Оптимальне співвідношення амплітуди та частоти коливань забезпечує необхідну віброгустину матеріалу для активізації внутрішньошарових процесів без надмірного травмування зерна.

Відомо [2, 4], що теоретична продуктивність плоского коливального решета визначається за формулою:

$$Q = q_b \cdot B \cdot \eta ,$$

де q_b – питома подача матеріалу, кг/(м·год); B – ширина решета, м;

η – коефіцієнт використання ширини решета (0,85...0,95).

Час перебування частинки на робочій поверхні решета визначає ймовірність її проходження через отвір:

$$t_{пер} = \frac{L}{V_{сер}} ,$$

де L – довжина решета, м; $V_{сер}$ – середня швидкість руху матеріалу, м/с.

Середня швидкість руху матеріалу залежить від кінематичних параметрів:

$$V_{сер} = k_V \cdot a \cdot n \cdot \sin\alpha ,$$

де k_V – коефіцієнт швидкості (0,01...0,015).

Традиційні решета з паралельним розташуванням отворів мають обмеження щодо активізації внутрішньошарових процесів у поперечному напрямку. Частинки, що знаходяться над поздовжніми перетинками, рухаються переважно у поздовжньому напрямку і мають обмежену ймовірність контакту з отворами.

Більш доцільним є виробництво решіт із зигзагоподібним розташуванням продовгуватих отворів [1], де осі отворів відхилені від поздовжньої осі решета на кут β. Така конструкція забезпечує: активізацію поперечного переміщення зернівок; збільшення ймовірності контакту частинок з отворами; інтенсифікацію внутрішньошарових процесів; зменшення забивання отворів.

При русі частинки по решету із зигзагоподібними отворами виникає додаткова поперечна складова швидкості:

$$V_y = V_x \cdot tg\beta ,$$

де V_x – поздовжня складова швидкості, м/с; β – кут відхилення осей отворів від осі решета, град.

Траєкторія руху частинки описується параметричними рівняннями:

$$x(t) = V_x \cdot t ;$$

$$y(t) = V_x \cdot t \cdot tg\beta + A \cdot \sin(\omega t),$$

де A – амплітуда поперечних коливань частинки зерносуміші, м.

Ймовірність проходження частинки через отвір збільшується пропорційно до величини поперечного зміщення:

$$P_{прох} = P_0 \cdot (1 + k_\beta \cdot tg\beta),$$

де P_0 – ймовірність проходження при $\beta = 0$; k_β – коефіцієнт впливу кута відхилення, який приймається на основі експериментальних досліджень.

Раціональні значення кута відхилення осей отворів визначається з умови максимальної ефективності сепарації при збереженні міцності конструкції:

$$\beta_{рац} = arctg\left(\frac{b+t_2}{l}\right)\cdot k_{кор},$$

де $k_{кор}$ – коефіцієнт корекції (1,5...2,0), що враховує технологічні особливості процесу.

За результатами досліджень встановлено, що оптимальне значення кута відхилення становить $\beta \approx 10°$, що забезпечує: збільшення ефективності сепарації на 8…16%; підвищення питомої продуктивності на 12…20%; зменшення забивання отворів на 15…25%.

Список використаних джерел

1. Бажан І.М., Васильковський О.М., Лещенко С.М., Амосов В.В. Інтенсифікація процесу сепарації зерна на плоскому коливальному решеті із зигзаговидним розташуванням отворів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2024. Вип. 54. С. 192-202.

2. Тіщенко Л.М., Ольшанський В.П., Харченко Ф.М., Харченко С.О. Моделювання динаміки зернової суміші при сепарації на рифленому решеті вібросепаратора. Інженерія природокористування. 2014. № 2(2). С. 134-137.

3. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А. Теоретичне обґрунтування руху частинки зерна на вібропневморешеті при дії розпушуючих робочих органів. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 115. С. 112-117.

4. Bracacescu, C., Gageanu, I., Popescu, S., & Selvi, K.C. (2016). Researches concerning impurities separation process from mass of cereal seeds using vibrating sieves in air flow currents. In Engineering for Rural Development, Jelgava (pp. 364-370).

УДК 631.356.22

ТЕХНОЛОГІЧНА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ

Барановський В.М., Кухар О.Г.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Дубчак Н.А.
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми. Енергоефективність технологічних процесів є головним мірилом, або критерієм сучасної тенденції виробництва

різнопланової промислової продукції, в тому числі виробництва продукції аграрного сектору економіки світової спільноти.

Першим етапом процесу збирання коренеплодів, є енерговитратна технологічна операція зрізування основного масиву гички з їх головок, наявний вміст якої у зібраних коренеплодах знижує якість сировини та вихід продуктів їх переробки.

В основу рішення зменшення витрат енергії при збиранні основного масиву гички коренеплодів покладено наукову гіпотезу, яка передбачає усунення в конструктивно-компонувальній схемі гичкозбирального модуля проміжної ланки або транспортного пристрою, виконаного у вигляді шнекового конвеєра, який встановлено в направляючому жолобі [1].

Аналіз останніх досліджень. За різноманітності технологій збирання гички найбільш поширеними способом, є двостадійний спосіб збирання гички гичкозбиральним модулем, який реалізується шляхом зрізання пучка гички лезом ножа за принципом безкопірного зрізування та обрізування залишків гички з головок коренеплодів за принципом безпідпірного різання.

Загальноприйнятою технологією збирання основного масиву гички, яка реалізується гичкозбиральними модулями сучасних коренезбиральних комбайнів є зрізування основного масиву гички роторним гичкорізом 3 (рис. 1) з подальшим транспортуванням подрібненої гички шнеком 9 і вивантаження гички на поверхню зібраного поля.

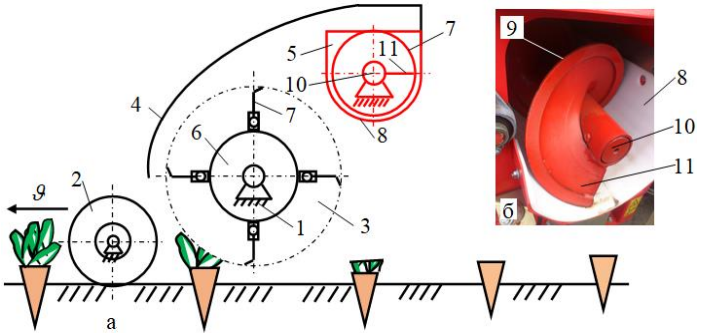


Рис. 1. Конструктивна схема гичкозбирального модуля (а) та загальний вигляд шнекового конвеєра (б): 1 – рама; 2 – колесо; 3 – гичкоріз; 4 – кожух; 5 – шнековий конвеєр; 6, 10 – барабан; 7 – ніж; 8 – жолоб; 9 – шнек; 11 – виток

Додаткова проміжна операція транспортування зрізаної та подрібненої гички шнековим конвеєром значно збільшує загальні витрати енергії процесу збирання гички.

Запропонована фірмою «Crimme» (Німеччина) технологія збирання основного масиву гички, яка передбачає укладання зрізаної гички в міжряддя невикопаних коренеплодів не знайшла пріоритетного застосування у виробничих умовах збирання коренеплодів. Значна частина основного масиву зрізаної гички потрапляла в робочу зону рядка невикопаних коренеплодів, що призводило до забивання робочого простору

викопуючих робочих органів і значного збільшення кількості рослинних домішок у зібраних коренеплодах.

Мета досліджень. Підвищення технологічної ефективності збирання коренеплодів за рахунок зниження енергетичних витрат процесу збирання основного масиву гички та кількості рослинних домішок під час викопування коренеплодів шляхом удосконалення конструкції гичкозбирального модуля.

Результати досліджень. Для досягнення мети нами на основі проведеного аналізу запропоновано удосконалений спосіб збирання основного масиву гички коренеплодів [1] та конструктивно-технологічну схему гичкозбирального модуля [1] для реалізації запропонованого способу.

Для проведення експериментальних досліджень технологічного процесу збирання основного масиву гички з коренеплодів цукрових буряків сорту «*Beta vulgaris*» (середня урожайність гички 150 ц/га) застосовано макетний зразок начіпного трирядного гичкозбирального модуля (рис. 2).

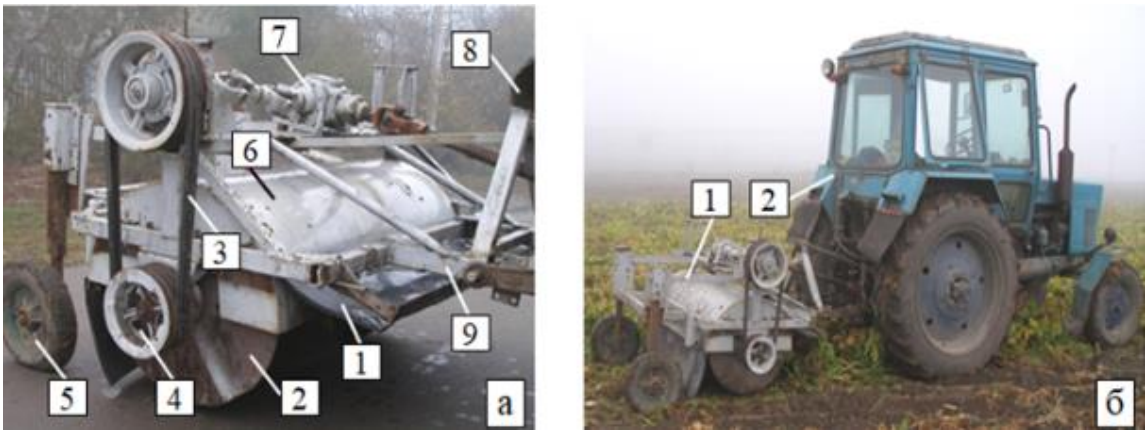


Рис. 2 Загальний вигляд: модуля (а), 1 – рама; 2 – диск ділильний; 3 – привод; 4 – гичкоріз; 5 – колесо; 6 – кожух; 7 – привод гичкоріза; 8 – начіпна система трактора; 9 – сниця; агрегату (б): 1 – модуль; 2 – трактор МТЗ-80

Реалізація удосконаленого способу збирання основного масиву гички відбувається наступним чином.

Під час руху модуля ножі роторного гичкоріза 4 (рис. 2) одночасно за рахунок свого обертання створюють направлений повітряний потік та зрізують основний масив гички з коренеплодів, який по траєкторії руху направляючого кожуха 6 надходить до вхідної горловини направляючого каналу, який змонтовано на внутрішній поверхні кожуха та переміщується по його траєкторії до вихідної горловини, а далі до плоского екрана, установленого у міжрядді невикопаних коренеплодів, де подрібнена гичка укладається на поверхню поля у зону розташування ділильних дисків 2.

Експериментальні дослідження удосконаленого гичкозбирального модуля провели на основі реалізації планованих двофакторних експериментів на трьох рівнях варіювання вхідними факторами (табл. 1).

За результатами реалізації експериментів отримано експериментальний масив даних питомої маси гички M_{ni} для двох конструкцій гичкозбирального модуля. Основні параметри технічної характеристики гичкозбирального модуля були такими: кількість рядків – 3; діаметр роторного гичкоріза – 0,4 м; діаметр барабана ротора – 0,2 м; діаметр ділильних дисків – 0,45 м.

Таблиця 1

Вхідні фактори та рівні їх варіювання

Найменування фактора	Інтервал варіювання	Рівні варіювання факторами		
		Нижній (-1)	Нульовий (0)	Верхній (+1)
Швидкість руху модуля ϑ_M, км/год	1,5	6,5	8,0	9,5
Урожайність гички U, кг/м^2	0,2	1,4	1,6	1,8

Після підтвердження адекватності емпіричної моделі за F-критерієм Фішера, отримано математичні моделі у натуральних факторах, які описують функціональний характер зміни питомої маси гички M_{ni} за частоти обертання роторного гичкоріза 400, 600 та 800 об/хв відповідно:

$$M_{400} = -1.56 - 1.42\vartheta + 26.5U + 0.25\vartheta U + 0.21\vartheta^2 - 1.17U^2; \quad (1)$$

$$M_{600} = -3.89 - 1.5\vartheta + 25.17U + 0.38\vartheta U + 0.21\vartheta^2 - 1.17U^2; \quad (2)$$

$$M_{600} = -26.89 + 1.5\vartheta + 31.83U + 0.08\vartheta^2 - 2.17U^2. \quad (3)$$

Технологічну ефективність або доцільність застосування нового способу зрізування основного масиву гички коренеплодів цукрових буряків та удосконаленої конструкції гичкозрізувального модуля підтверджено графічною інтерпретацією отриманих результатів проведених польових експериментальних досліджень, рис. 3.

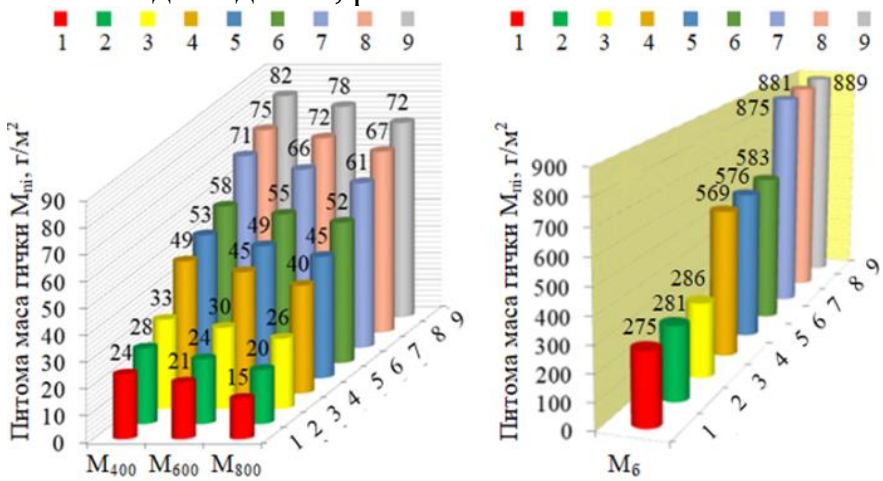


Рис. 3. Діаграма питомої маси укладеної гички в захисну зону рядка невикопаних коренеплодів удосконаленої та базової конструкції модуля, відповідно: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 – числові значення комбінації рівнів факторів ϑ і U

Домінантним фактором, який суттєво впливає на доволі значну зміну показника питомої маси гички M_{ni}, є урожайність гички U – зі збільшенням U від 1 до 3 кг/м^2 питома маса гички M_{ni}, зростає в середньому від 2,7 до 4,2 раза.

Висновок. Застосування удосконаленої конструкції гичкозбирального модуля дозволяє зменшити кількість питомої маси зрізаної та укладеної гички в захисну зону рядка невикопаних коренеплодів від 9 до 11 разів порівняно з базовою конструкцією, що є перспективним напрямком проведення подальших наукових досліджень процесу збирання коренеплодів.

Список використаних джерел

1. Технологічні аспекти процесів роботи гичкозбиральних модулів / Барановський В.М., Береженко Є.Б., Паньків М.Р. та ін. Тернопіль, 2022. 294 С.

УДК 631.356.2

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ

Гадайчук М.Ю., Труханська О.О.
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Цикорій – продукт агропромислового сектору рослинництва, серед якого коренеплоди цикорію є технічною культурою для переробної галузі промисловості України. Проте процес збирання коренеплодів цикорію на даному етапі характеризується значними втратами та пошкодженнями коренеплодів, а також незадовільними показниками кількості як рослинних, так і грунтових домішок у викопаних коренеплодах [1]. Невідповідність показників прийнятим стандартам якості викопування коренеплодів цикорію, або агротехнічним вимогам, є наслідком відсутності ефективних робочих органів, які б забезпечували мінімізацію цих показників якості викопування.

Розробка та обґрунтування раціональних параметрів робочих органів комбінованого копача [2], які забезпечують мінімальні втрати коренеплодів цикорію, є запорукою зростання техніко-експлуатаційних показників процесу їх збирання та підвищення ефективності виробництва продукції переробки загалом.

Аналіз останніх досліджень. Технологічна ефективність викопування коренеплодів цикорію у значній мірі залежить від конструктивно-

компонувальної схеми та якості роботи копачів, при цьому втрати та допустимі пошкодження коренеплодів не повинні бути більше, відповідно, 2,5% та 15%, а залишки гички – не більше 4 % за агротехнічними вимогами [3]. Проте недостатнє пристосування відомих конструкцій копачів до значного варіювання умов роботи коренезбиральних машин не забезпечує агротехнічні показники в екстремальних умовах збирання – втрати коренеплодів збільшуються в 1,5…2,0 рази за рахунок зламу підземної (хвостової) частини коренеплодів цикорію, а пошкодження коренеплодів зростають до 20…30 % [4].

Відомі результати наукових досліджень, як правило характеризують тільки загальні аспекти функціонування викопувальних робочих органів без акцентованого аналізу напрямків підвищення ефективності їх роботи.

Мета досліджень. Розробити часткову методику проведення лабораторних експериментальних досліджень робочих органів комбінованого сферичного однодискового копача коренеплодів цикорію.

Результати досліджень. Для реалізації експериментальних досліджень складено структурну схему лабораторної установки, рис. 1.

Базовими вузлами лабораторної установки є рама 1 (рис. 1), на якій встановлено електродвигун 2, лопатевий очисник залишків гички 3 та конусний тримач 4 для закріплення коренеплоду цикорію 5 з залишками гички 6.

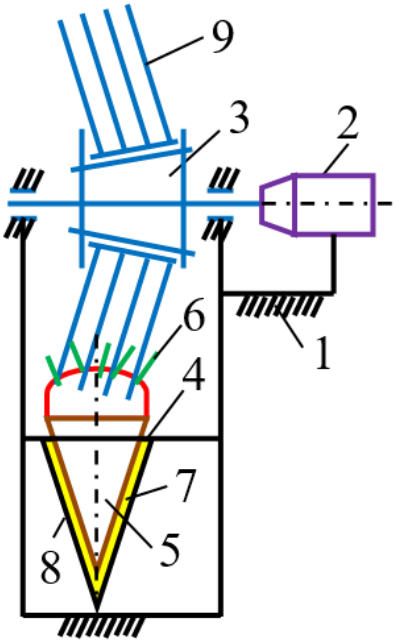


Рис. 1. Структурна схема лабораторної установки: 1 – рама; 2 – електродвигун; 3 – лопатевий очисник залишків гички; 4 – конусний тримач; 5 – коренеплід; 6 – залишки гички: 7 – пружний конусний вкладиш; 8 – конус; 9 – пружна очисна лопать

Для моделювання процесу закріплення коренеплоду 5 в грунтовому середовищі конусний тримач 4 обладнано пружним конусним вкладишем 7,

який розміщується в конусі 8 конусного тримача.

Процес роботи лабораторної установки такий.

Коренеплід цикорію 5 (рис. 1) з залишками гички 6 розміщують в конусному тримачі 4, який має можливість ручного переміщення по рамі 1 у вертикальній площині до точки контакту головки коренеплоду цикорію 5 з пружною очисною лопаттю 9.

При обертанні вала електродвигуна 2 пружні очисні лопаті 9 видаляють залишки гички 6 з головок коренеплоду 5 за рахунок контактної взаємодії.

Для регулювання зміни частоти обертання вала електродвигуна 2 та фіксації показників параметрів оптимізації, лабораторну установку обладнано мультисистемним керуючим пристроєм Altivar 71, а схему її керування наведено на рис. 2.

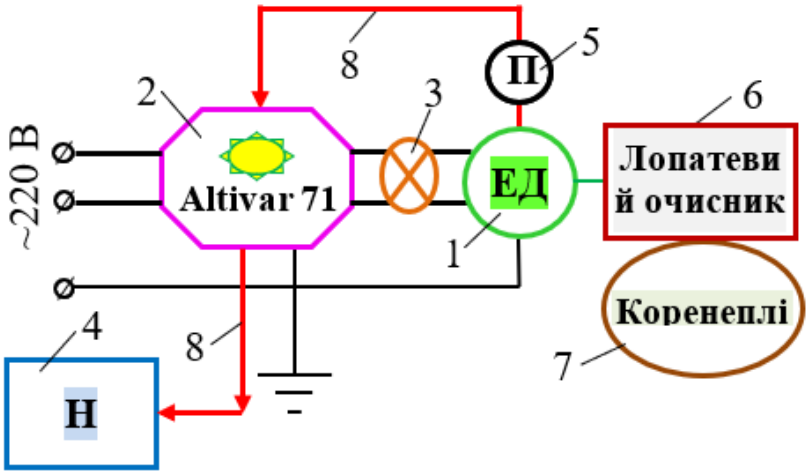


Рис. 2. Схема керування лабораторною установкою під час реалізації експериментів: П – перетворювач частоти; ЕМ – електродвигун; Н – ноутбук; 1 – електродвигун; 2 – багатосистемний пристрій керування Altivar 71; 3 – електронний таймер; 4 – ноутбук; 5 – перетворювач частоти; 6 – лопатевий очисник; 7 – коренеплід; 8 – засоби комунікації

Лабораторна установка дозволяє реалізувати експерименти для визначення функціональної зміни таких параметрів оптимізації:

- енергетичних показників витрат потужності процесу видалення залишків гички з головок коренеплодів цикорію за двох способів кріплення очисних лопатей – консольного (жорсткого) та шарнірного кріплення пружної лопаті на приводному валу лопатевого очисника;
- показників якості роботи лопатевого очисника – кількості видалених залишків гички з головок коренеплодів цикорії, їх пошкодження тощо.

Методологія проведення експериментальних досліджень процесу видалення залишків гички з головок коренеплодів реалізується на основі застосування відомих положень планування, проведення та аналізу результатів багато факторних експериментів, при цьому:

1. Визначаємо параметри оптимізації та змінні вхідні фактори.

2. За визначеною кількістю вхідних факторів складаємо план-матрицю проведення планованих багатофакторних експериментів.

3. За необхідністю:

- проводимо рандомізацію план-матриці відомими методами (метод випадкового балансу або за спеціальними таблицями випадкових чисел);

- для зменшення кількості дослідів застосовуємо несиметричні плани Бокса-Бенкіна.

4. Проводимо кодування вхідних факторів і встановлюємо рівні їх варіювання.

5. Згідно з порядковим номером план-матриці або рандомізованої план-матриці проводимо експерименти, визначаємо показники параметрів оптимізації й записуємо їх результати в складену таблицю.

6. Обробку результатів експериментів здійснюємо за відомими методиками статичних розрахунків:

- розробляємо відповідні функціональні емпіричні залежності, проводимо їх перевірку на адекватність моделі та значимість розрахованих коефіцієнтів.

7. Будуємо графічну інтерпретацію та проводимо її аналіз.

8. Формуємо висновки за результатами реалізації експериментальних досліджень.

Висновок. Наведені методологічні аспекти реалізації лабораторних експериментальних досліджень лопатевого очисника з застосуванням мультисистемного керуючого пристрою Altivar 71 описують основні етапи та принципи математичного планування та дослідження процесу видалення залишків гички з головок коренеплодів цикорію, що є базовими вихідними положеннями для проведення польових досліджень комбінованого копача загалом.

Список використаних джерел

1. Технологічні аспекти процесів роботи гичкозбиральних модулів / Барановський В.М., Береженко Є.Б., Паньків М.Р. та ін. Тернопіль, 2022. 294 С.

2. Baranovsky V., Truhanska O. Pankiv M., Bandura V. Research of a contact impact of a root crop with a screw auger. Research in Agricultural Engineering, 2020. Vol. 66. No 1. P. 33–42.

3. Baranovsky V. M., Skalsky O. J., Pankiv M. R., Pastushenko A. S. Chicory root crops combined harvester. INMATEH – Agricultural Engineering. Vol. 53. No 3. P. 41–50.

4. Барановський В. М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. Механізація сільськогосподарського виробництва. 2008. Т. 1. С. 111–120.

UDC 631.361.8

ANALYSIS OF PROCESS OF DESTRUCTION OF GRAIN MATERIALS

Ivan Karp, Viktor Baranovsky
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Problem statement. Products of agricultural production of grain crops are important components of the functioning of Ukraine's agro-industrial and processing sectors. Improving the quality of harvesting and processing of agricultural products during production, storage, and transportation is an urgent problem of national significance.

Mechanized processes of production, processing, and transportation, where the physical action of the working bodies of a screw conveyor occurs, in addition to the expected useful effect, lead to a deterioration in the quality of the resulting product [1].

The development of methodological principles for predicting product damage or destruction during its processing, based on the theoreticalкег analysis of single events or a stream of events over time, will make it possible to reduce processing losses, which represents an important scientific task.

Analysis of recent research. From a methodological standpoint, the deterioration in product quality results from its damage or destruction caused by flow processes of various physical nature – mechanical treatment, heating and cooling, chemical effects, etc. – as shown, for example, in [2].

In this context, the analysis of dynamic flow-type mechanical processes is considered, in which the working elements of the screw conveyor exert mechanical effects on the grain materials being transported by the screw, causing mechanical damage or destruction that significantly reduces the quality of raw materials and processed products.

Research objective. To improve the technological efficiency of transporting grain materials with a screw conveyor by reducing damage through theoretical analysis of flow contact interaction processes in the mass flow of grain materials.

Research results. Assume that the product being processed on a production line has a constant strength P, or the force required to damage the product.

Let us consider n points (Fig. 1) along the processing line where the product is subjected to an external force F from the machine's working bodies, the probability density of which is $f(F_i)$, $i = 1, 2, \ldots, n$.

The probability of damage $P(F_i)$ of the product at the i-th section of the technological line is determined as

$$R_i = \int_p^{\infty} w_i(F)dF \ . \tag{1}$$

Then, the total probability of product damage after passing i sections can

be determined according to the theorem of repeated experiments [3] by the formula

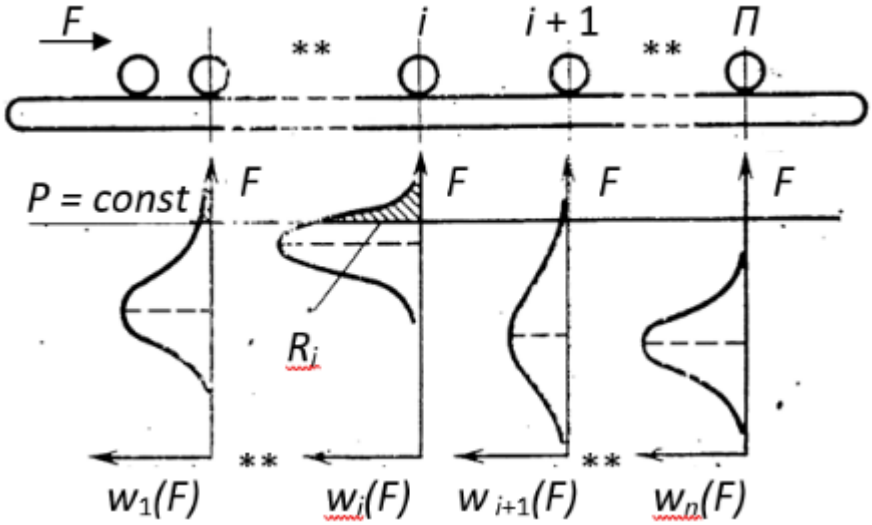


Fig. 1. Probability density of external impact on the product at different points of the technological line

$$R_i = \left[\frac{d\prod_{i=1}^{n}(q_i + R_i z)}{dz} \right]_{z=0}, \qquad (2)$$

where z is an arbitrary parameter; $q_i = 1 - R_i$.

Assume that the product strength P at the i-th point of the line is also a random variable with a probability density $w_i(P)$, $i = 1, 2, \ldots, n$.

Then, the result of the interaction between the product and the machine's working body can be obtained by comparing two random variables F_i and P_i.

At the same time, under condition $F_i \geq P_i$, we will have greater or lesser* damage to the product. In this case, we will verify the concept of probability of greater or lesser* damage to the product as follows.

Suppose the product passes m times through the i-th point of the technological line, and each time, measurements of the random variables F_{ik} and R_{ik}, where $k = 1, 2, \ldots, s$, are taken.

These results are plotted on a plane Π (Fig. 2) with coordinate axes OF and OP, marking each measurement as a point M_i.

The ordinate of each point M_{ik} will correspond to the corresponding force F_{ik} of the external impact on the product, the strength of which is equal to P_{ik} at the i-th section of the technological line of its processing. In this case, the condition $F_i \geq P_i$, or damage to the processed product, is fulfilled for all points

M_{ik} located above the line $F = P$, as well as for those points M_{ik} that directly belong to this line.

The estimate of the probability R_i^* of the occurrence of such an event will be equal to the ratio of the number of points in the half-plane A to the total volume of measurements of random variables

$$R_i^* = N_A / N_{(A+B)}. \tag{3}$$

where N_A – number of damaged samples;

$N_{(A+B)}$ – total number of measurements.

For the effective evaluation of the probability **P**, the condition

$$R_i^* \to R_i \left| \left(N_{A+B} \right) \to \infty \right., \tag{4}$$

must be satisfied, which complicates the use of (3) in practical calculations.

Then, consider point M_{ik} as a two-dimensional random variable with components F_{ik} and P_{ik}, each having probability densities $w_i(F)$ and $w_i(P)$, respectively (Fig. 2).

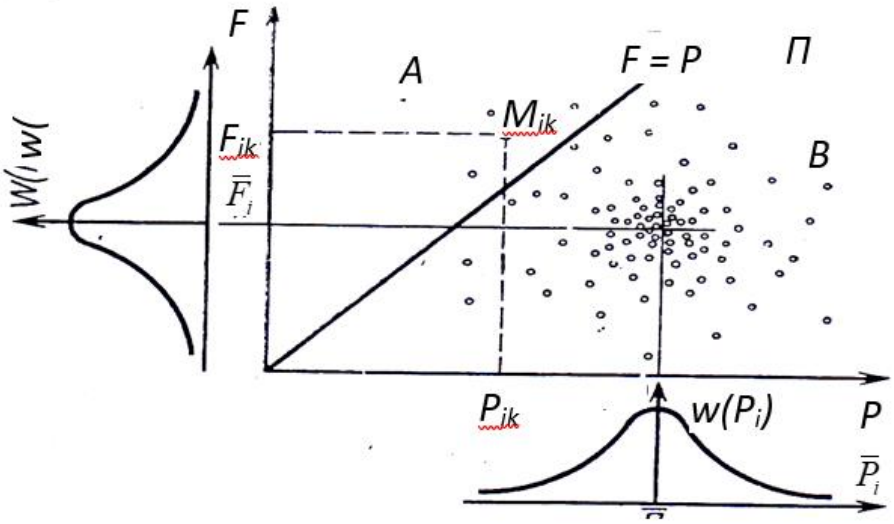


Fig. 2. Probability density of external impact on the product at different sections of the technological line

For the case of a normal distribution, the two-dimensional probability density forms a bell-shaped surface (Fig. 3).

Then, according to the integral expression (1), we will have, while the points M_{ik} constitute a complete group of events

$$\int_{\Leftrightarrow}^{\infty}\int_{\infty} w_i(F,P)\,dF\,dP = 1. \tag{5}$$

After sectioning the two-dimensional density surface with the plane $F = P$, the truncated volume between the surface $w_i(F,P)$ and the plane Π represents the probability R_i, which can be computed by the integral expression [4]

$$R_i = V_2 = \int_0^{\infty}\int_0^{F} w_i(F,P)\,dF\,dP, \tag{6}$$

or, equivalently,

$$R_i = 1 - V_1 = 1 - \int_0^{\infty}\int_0^{\infty} w_i(F,P)\,dF\,dP, \tag{7}$$

where V_1 and V_2 denote the corresponding volumes shown in Fig. 3.

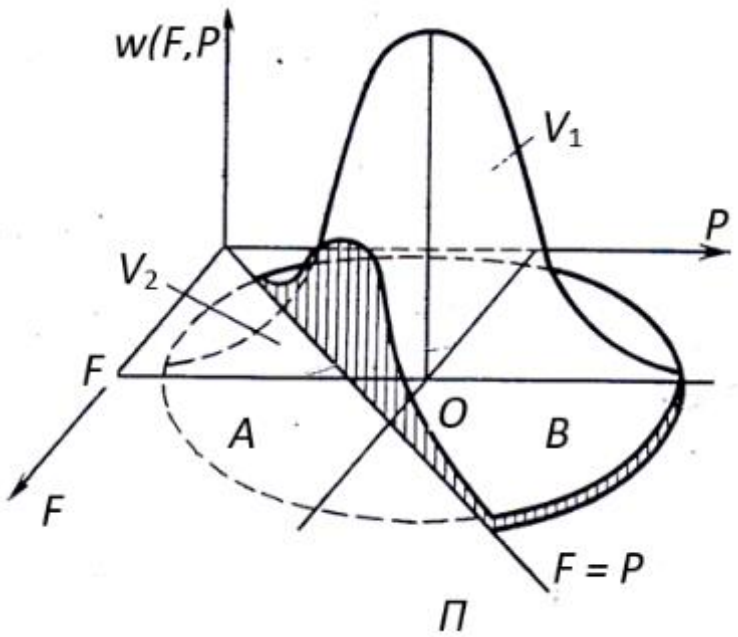


Fig. 3. Diagram for determining the probability *R* of product damage by calculating the volume under the surface

Thus, the probability of damage to the processed product at the i-th section of the technological line will depend on:

- the form of the two-dimensional probability density $w_i(F,P)$;

- the determining parameters of the two-dimensional probability density $w_i(F,P)$.

The main determining parameters of the two-dimensional probability density include:

- the position of the projection of point *O* on the plane *P*;

- the dispersion of σ_F^2 and σ_P^2;

- the correlation coefficient K_{FP} of the relationship between two random variables *F* and *P*.

In general, the probability densities $w_i(F)$ and $w_i(P)$ may follow different probability laws.

In each specific situation, the damage probability $w_i(F,P)$ may have its

own defined analytical form.

Conclusions. The proposed methodology enables the determination of damage indicators for grain materials during harvesting and processing on technological lines by applying statistical analysis to the distributions of the random variables *F* (external impact) and *P* (product strength).

References

1. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник; за ред. Д. Г. Войтюка / Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

2. Baranovsky V., Truhanska O. Pankiv M., Bandura V. Research of a contact impact of a root crop with a screw auger. Research in Agricultural Engineering, 2020. Vol. 66. No 1. P. 33–42.

3. Жлуктенко В.І., Наконечний С.І. Теорія ймовірностей і математична статистика. Ч. 1. Теорія ймовірностей. К.: КНЕУ, 2000. 304 с.

4. Швачич Г.Г., Коноваленков В.С., Заборова Т.М. Вища математика. Розділ «Подвійні та криволінійні інтеграли»: Навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. 36 с.

УДК 631.3:621.313.333:621.31

ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА ПРИВОДА ДВОНОЖОВОГО РІЖУЧОГО АПАРАТА З ДВОСТОРОННІМ ПЛОСКИМ ЛІНІЙНИМ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ

Міненко С.В., Морозов О.В.
Поліський національний університет

В результаті раніше проведених теоретичних досліджень та на основі аналізу технічної та наукової літератури [1, 2] нами створено лабораторні експериментальні зразки привода двоножового ріжучого апарата (ДРА) з тильним і фронтальним розташуванням двосторонього плоского лінійного асинхронного двигуна (ДПЛАД) відносно ДРА, зовнішній вигляд яких наведено на рис. 1 і 2. На лабораторному експериментальному зразку, наведеному на рис. 1, досліджувалася робота ДРА в режимі вимушених коливань. Експериментальний зразок включає корпус жатки 1, у якому закріплено ДПЛАД 2 верхньої ножової смуги 5, що з’єднані між собою важільно-шарнірною системою 3, пружний елемент 4, блок керування електроприводом 6 та деякі інші конструктивні елементи. Привід нижньої ножової смуги ріжучого апарата повністю ідентичний приводу верхньої смуги.

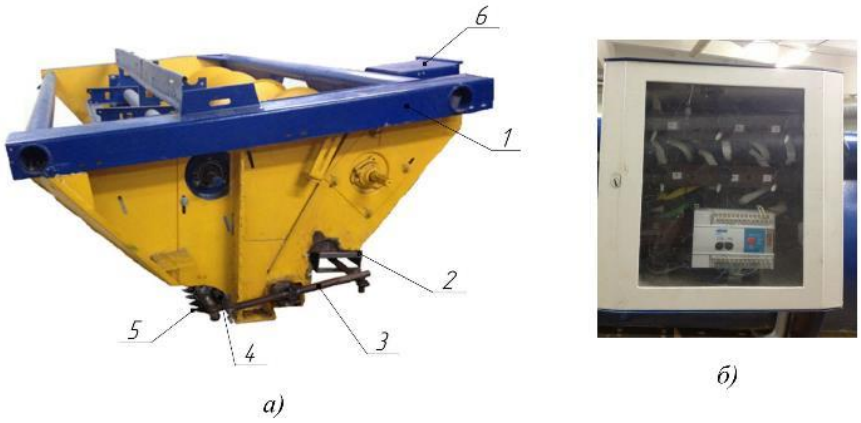


Рис. 1. Лабораторний експериментальний зразок електропривода ДРА жатки з тильним розташуванням ДПЛАД: а – конструкція лабораторного зразка; б – блок керування роботою ДПЛАД у приводі; 1 – корпус жатки; 2 – ДПЛАД верхньої ножової смуги; 3 – важільно-шарнірна система; 4 – пружний накопичувач механічної енергії; 5 – верхня ножова смуга; 6 – система керування роботою ДПЛАД.

На лабораторному експериментальному зразку, наведеному на рис. 2, досліджувалася робота ДРА у режимі автоколивань.

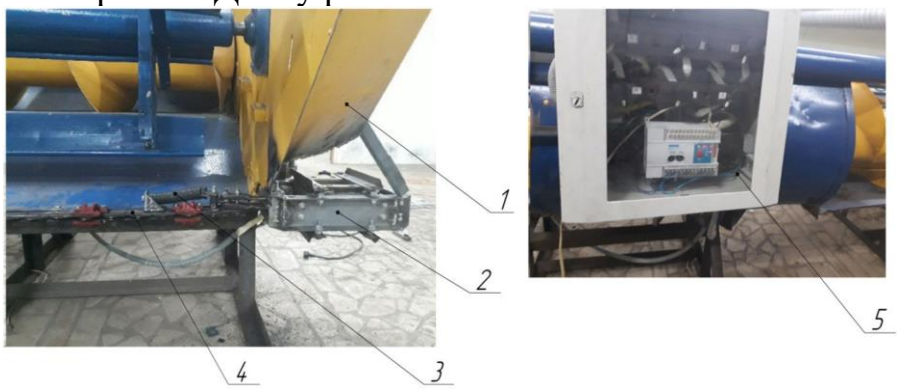


Рис. 2. Лабораторний експериментальний зразок електропривода ДРА жатки з фронтальним розташуванням ДПЛАД: 1 – корпус жатки; 2 – ДПЛАД; 3 – пружний накопичувач механічної енергії; 4 – верхня ножова смуга ДРА; 5 – система керування роботою ДПЛАД у приводі ДРА жатки

Для реалізації лінійного асинхронного привода ДРА жатки необхідно було розробити та створити ДПЛАД. Було вирішено використовувати як індуктори ДПЛАД серійно виготовлювані вироби. Як вторинний елемент було прийнято рішення використати алюмінієвий лист товщиною 7 мм, який для підвищення міцності конструкції укріплено металевою сталевою рамкою.

На рис. 3 подано розроблювану конструкцію ДПЛАД, що застосовується для привода ДРА жатки.

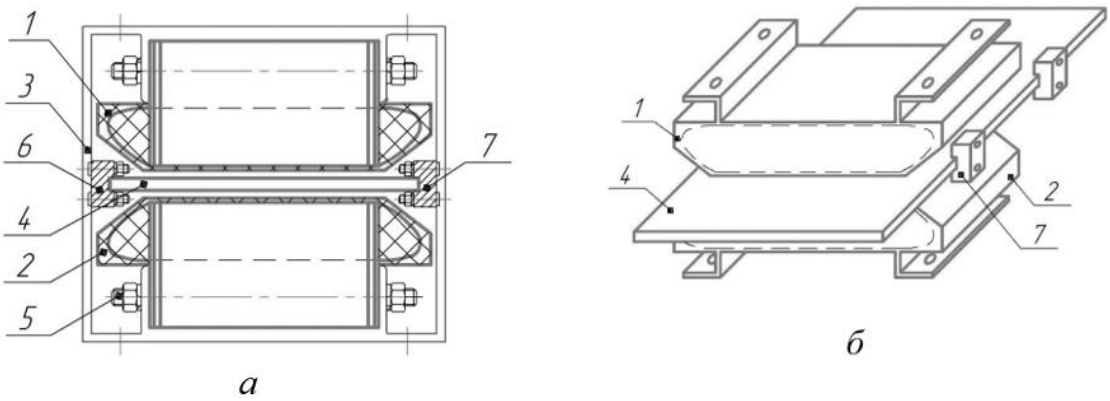


Рис. 3. Конструкція розроблюваного ДПЛАД: а – поперечний розріз ДПЛАД; б – розташування елементів ДПЛАД (без корпусної оболонки); 1 – верхній індуктор ДПЛАД; 2 – нижній індуктор ДПЛАД; 3 – корпус ДПЛАД; 4 – вторинний елемент ДПЛАД; 5 – кріпильно-регулювальні болти індукторів; 6, 7 – фторопластові підшипники ковзання.

Індуктори ДПЛАД мають такі параметри:

- габаритні розміри індуктора ДПЛАД: довжина×ширина×висота – (230×200× 59) мм;
- полюсне ділення: $\tau = 0{,}0425$ м;
- кількість полюсів: $2p = 4$;
- кількість зубців: $z = 13$;
- напруга живлення: $U_n = 380$ В, частота мережі: $f = 50$ Гц;
- пускове тягове зусилля: $F_p = 2100$ Н;
- синхронна швидкість: $V_0 = 4{,}25$ м/с.

Для отримання коливань у приводі ДРА жатки комбайна передбачено імпульсний режим роботи ДПЛАД, за якого до його індукторів за допомогою системи керування періодично підводиться та знімається трифазна напруга живильної мережі.

Рис. 4. Виготовлений ДПЛАД для привода ДРА жатки

Завдяки імпульсному керуванню, а не використанню способу зустрічного вмикання шляхом чергування фаз, відбувається зменшення

пускових струмів ДПЛАД, а отже, і зниження електричних втрат під час комутації фаз.

Для створення коливального режиму роботи привода ДРА жатки розроблено системи керування, які дають змогу працювати приводу як у режимі вимушених коливань, так і в режимі автоколивань.

Режим вимушених коливань реалізується шляхом періодичної комутації ДПЛАД до джерела змінної напруги.

Основу схеми керування становить програмований логічний контролер ПЛК63 (рис. 5).

Рис. 5. Програмований логічний контролер ПЛК63

Комутація фаз ДПЛАД здійснюється за сигналом від ПЛК63 за допомогою твердотільних реле KIPPRIBOR HT-12044.ZD3 (рис. 6), розрахованих на струм 120 А.

Для зняття експериментальних залежностей струму індуктора ДПЛАД і визначення положення ножової смуги у часі лабораторний експериментальний зразок привода ДРА жатки було оснащено таким вимірювальним обладнанням:

– датчиком лінійного переміщення,

– датчиками струму,

– аналогово-цифровим перетворювачем, з’єднаним із ноутбуком.

Сигнали, отримані з датчиків, реєструвалися аналогово-цифровим перетворювачем (АЦП) – багатоканальним осцилографом ACUTE серії DS-1000 (модель DS-1102), який забезпечує можливість подальшої передачі отриманих даних.

Рис. 6. Твердотільне реле KIPPRIBOR HT-12044.ZD3

АЦП дає змогу реєструвати сигнали з датчиків у режимі реального часу на екрані персонального комп'ютера, а також записувати й перетворювати дані для подальшої обробки.

Пристрої серії DS-1000 є портативними цифровими запам'ятовуючими осцилографами (ЦЗО або DSO), які підключаються до персонального комп'ютера (ПК) або ноутбука через порт USB 2.0. Для роботи АЦП на ПК необхідно встановити спеціалізоване програмне забезпечення.

Для контролю споживаного струму використовувалися датчики струму на основі ефекту Холла фірми Honeywell CSLA1CF (рис. 7).

Рис. 7. Загальний вигляд датчика струму CSLA1CF

Визначення положення ножової смуги ДРА здійснювалося за допомогою потенціометричного датчика лінійного переміщення фірми «Gefran».

Датчик положення закріплювався безпосередньо в корпусі жатки та механічно з'єднувався з ножовою смугою.

Рис. 8. Загальний вигляд датчика лінійних переміщень GEFRAN LTS09N09KB5C

Список використаних джерел

1. Хвощан О.В. Електропривод і автоматизація. Миколаїв : МНАУ, 2015. 58 с.

2. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок: навч. посіб. Київ : Вища школа, 1989. 343 с.

УДК 631.171: 633.63

АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОПІРА АПАРАТА ВОДІННЯ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Теслюк В.В., Вечера О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Барановський В.М.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Постановка проблеми. Важливим резервом збільшення валових зборів зерна, технічних та інших сільськогосподарських культур є ріст оснащеності сільськогосподарського виробництва високопродуктивними машинами, і підвищення їх експлуатаційних показників [1,2].

Зменшення втрат технічних культур в країні лише на 1% рівнозначно збільшенню посівних площ на 1 млн. га.

За статистичними даними втрати кормових буряків під час збирання коливаються в межах від 4 до 13% і їх величина значною мірою залежить від типу збиральних машин та систем керування робочими органами [3].

Тому одним із шляхів удосконалення автомата керування є значне спрощення його конструкції і одночасно підвищення точності і надійності роботи.

Аналіз останніх досліджень. Одними з найбільш вагомих є втрати внаслідок механічного пошкодження коренеплодів в процесі їх викопування внаслідок несправності, або недостатньої ефективності автомата керування.

Тому в конструкціях коренезбиральних машин, для забезпечення допустимого рівня пошкоджень і втрат, займає система керування (СК), яка повинна забезпечити необхідну точність ведення комбайна по рядках при високих швидкостях збирання. Це дозволить підвищити продуктивність машини, зменшити втрати коренів, а також полегшити умови праці механізатора, оскільки система керування звільняє його від важкої монотонної роботи при керуванні машиною під час виконання технологічного процесу.

Мета дослідження. Підвищення ефективності збирання буряків шляхом удосконалення автомата керування-апарата водіння.

Результат досліджень. Роль копіра-розрихлювача – відслідковувати рядки буряків, розпушувати ґрунт і підрізати бур’яни. Крім цього, до позитивного моменту слід віднести те, що клин розрихлювача стабілізує технологічний процес відслідковування рядків буряків при малій висоті їх головок і не допускає різких коливань в процесі роботи.

Серійний автомат керування коренезбиральної машини МКК-6 в нормальних умовах збирання кормових буряків задовільно виконує свої функції. Однак його конструкція не пристосована для збирання кормових буряків, які були вибиті гичкозбиральною машиною і знаходяться в міжряддях, що знижує його ефективність при експлуатації.

В результаті аналізу роботи копіра автомата керування коренезбиральної машини запропоновано нове вирішення технічної задачі, яке полягає в удосконаленні конструкції автомата керування коренезбиральних машин, шляхом удосконалення конструкції копіра.

Удосконалений автомат керування складається з двох основних частин – кінематики механічної системи і гідравлічної частини.

Гідравлічна система є виконавчою, яка забезпечує керування передніми колесами машини у відповідності з отриманими сигналами орієнтації.

Для забезпечення надійності і точності відслідковування (копіювання) рядків необхідно встановити таку відстань розміщення датчиків, щоб плоскі елементи пер не затискались коренями направляючих рядків, але й не знаходились далеко від них, тобто були з мінімальним зазором.

Висновок. Використання запропонованого копіра автомата керування коренезбира-льної машини дозволить підвищити ефективність використання бурякозбиральної техніки. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого автомата водіння на одну машину склав 5962,8 грн.

Список використаних джерел

1. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник/ В.Д.Гречкосій, В.Д.Войтюк, Р.В. Шатров, І.І.Мельник, Я.М.Михайлович, В.Г.Опалко. – Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 364 с.

2. Дубровін В.О. Проектування технологічних процесів у рослинництві / методичні вказівки і завдання для виконання практичних і самостійних робіт / В.О.Дубровін, В.Д.Гречкосій, Р.В.Шатров, В.В. Теслюк, за ред. доц. В.Д.Гречкосія – К.: Видавничий центр НУБіПУ, 2012. – 116 с.

3. Барановський В. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин / Віктор Барановський // Вісник Тернопільського держ. техн. ун-у. – Тернопіль : ТДТУ, 2006. – Т. 11. – № 2. – С. 67–75.

4. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : Монография / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград : ”КОД”, 2009. – 256 с.

УДК 631.171: 633.63

КОНСРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ ПРИ ЗБИРАННІ БУРЯКІВ

Барановський В.М.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Теслюк В.В., Швора В.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми: Виробництво коренеплодів кормових буряків має велике значення для підвищення продуктивності тваринництва, є цінним соковитим кормом для тварин. Збільшення виробництва і зниження собівартості коренеплодів кормових буряків в значній мірі стримується ще низьким рівнем механізації їх виробництва і, особливо, збирання.

Аналіз останніх досліджень. Збирання коренеплодів кормових буряків є затратним і трудомістким процесом. Збирають коренеплоди машинами аналогічними, що застосовують для збирання цукрових. В агропідприємствах, які спеціалізуються на тваринництві і для власних потреб вирощують кормові буряки, а окремі господарства, ще до сих пір застосовують розроблені, досліджені і перевірені в виробничих умовах машини типу МКК- 6, РКМ- 6- 03 і КС- 6Б - 05. Нові машини пропонуються для застосування, вони поступово витісняють старий парк, але досить є дорогими і довгоокупними, хоча, витрати праці за умов використання нових машин знижуються до 120...150 людино-годин на гектар.

Мета дослідження: Підвищення ефективності вирощування коренеплодів буряків шляхом удосконалення конструктивно-технологічних параметрів системи очищення коренеплодів від вороху бурякозбиральних комбайнів, а відповідно і покращення якості очистки.

Виклад основного матеріалу: В результаті наукового і практичного аналізу механізації збирання коренеплодів кормових буряків, випливає висновок, що механізоване збирання кормових буряків і система їх очистки на легких грунтах характеризується високими показниками, і задовольняє агротехнічні вимоги виконання процесу очистки, то на грунтах, які характеризуються важкими і середніми за механічним складом, особливо за умов підвищеної або зниженої вологості, якість очистки є недовершеною і потребує оригінальних конструктивно-технологічних рішень. Саме ця вимога, в результаті проведення оцінки практичного виконання технологічного процесу є основою нашої мети проведення досліджень і пошук шляхів вирішення. Зокрема виявлено, що залежно від умов роботи і забур'яненості полів загальна кількість домішок у воросі коренеплодів складає більше 15 %. Велика кількість домішок пояснюється використанням недосконалих технологічних процесів та робочих органів для очищення

коренеплодів, котрі при цьому не забезпечують належну сепарацію ґрунту і рослинних залишків, не відділяють залишки гички від головок коренеплодів, пошкоджують значну кількість коренеплодів (до 40 %). У зв'язку з цим розробка та удосконалення робочих органів коренезбиральних машин для відокремлення домішок від коренеплодів кормових буряків при їх мінімальному пошкоджені є актуальною народногосподарською задачею.

Нами проаналізовано сучасні конструктивно-технологічні схеми очищення вороху і запропоновано технологічно обґрунтовану нову конструкцію комбінованого очисника вороху кормових буряків коренезбиральної машини з гвинтово-вальцьовим очисником для збирання коренеплодів кормових буряків на середніх і важких грунтах в умовах збільшеної і зниженої вологості грунту. Експериментально встановлено допустимі швидкості співудару коренеплодів кормових буряків з поверхнями робочих органів очисника на маятниковому копрі.

Висновки. Використання запропонованої конструкції комбінованого гвинтово-вальцьового очисника підвищує якість і ступінь відокремлення домішок від коренеплодів: зменшує загальне забруднення вороху зібраних коренеплодів на 15-25%, знижує затрати праці майже у 1,5 рази за рахунок виключення ручної праці на доочищення коренеплодів.

Список використаних джерел

1. Гевко Б.М., Вивюрка Н.Є. Конструктивно-технологічні схеми сепараційних робочих органів бурякозбиральних машин. // Вісник Тернопільського державного технічного університету. Том 5, №3.- Тернопіль: ТДТУ, 2000.- с. 28-33.

2. Барановський В.М. Основи розробки адаптованих транспортно-технологічних систем коренезбиральних машин / В.М. Барановський, Н.А. Дубчак, В.В. Теслюк, М.Р. Паньків, В.Б. Онищенко – К.: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 176 с.

УДК 631.4; 631.31

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ БОРІН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Теслюк В.В., Вечера О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Ікальчик М.І.
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми: В системі основного та передпосівного обробітків ґрунту широкого застосування набуває обробіток ґрунту знаряддями з ротаційними робочими органами. Найбільш широко

використовуються ґрунтообробні знаряддя типу БДН-1,8, БДТ-3, БДТ-7, оснащені сферичними вирізними дисками [1,2].

Аналіз останніх досліджень: Використання цих знарядь забезпечує скорочення термінів підготовки ґрунту до посіву, зниження енерговитрат та витрат праці на 20...25%, в порівнянні, з іншими типами ґрунтообробних машин. Однак, в силу своїх конструктивних особливостей ґрунтообробні знаряддя оснащені серійними робочими органами не повною мірою забезпечують агротехнічні вимоги стосовно заробки добрив, рослинних решток, гербіцидів тощо. Так, при заробці дисковою бороною на поверхні ґрунту, в шарі 0...6мм, залишається до 75% внесених добрив, що значно зменшує ефективність їх використання сільськогосподарськими рослинами. Тому необхідним є обґрунтування робочих процесів спрямованих на покращення показників обертання скиби та розробка конструкцій ротаційних робочих органів, які забезпечували б достатню якість обробітку за показниками заробки в ґрунт на оптимальну глибину стерні, органічних та мінеральних добрив тощо.

Мета дослідження. Підвищення ефективності основного та передпосівного обробітку грунту.

Результат досліджень: За результатами попередніх аналітичних досліджень запропоновано ротаційний робочий орган, оснащений ножами-лопатями, передня робоча поверхня яких є коноїдом, уніфікований до борін БДН-1,8, БДВ-3, БДВ-7. Встановлені оптимальні межі варіювання кута атаки β=20°...23° батареї робочих органів, та відстань між роторами в батареї l=0,20…0,22.

За результатами дослідження структурно-агрегатного складу ґрунту встановлено, що кількість агрегатів ґрунту (d<0,25 і d>10), які не відповідають агровимогам, у запропонованих варіантах №1 та №2 зменшилась на 14,5% і 12,7% відповідно, до фону та на 2,8% і 1,0% відповідно, до базового варіанта а коефіцієнт структурності в порівнянні з базовим варіантом збільшився в 1,14 (варіант 1) та 1,04 (варіант 2) рази.

Встановлено, що застосування ґрунтообробного знаряддя оснащеного ротаційно-лопатевими робочими органами дозволяє зменшити кількість ерозійно-небезпечних агрегатів ґрунту на 14,5% в порівнянні з агрофоном, та на 2,8% відносно базового варіанту порівняння; коефіцієнт структурності в порівнянні з базовим варіантом збільшився в 1,14; абсолютна вологість ґрунту у шарі 0...20см в порівнянням з базовим варіантом була вищою на 5,6%; щільність обробленого ґрунту знаряддям з пропонованими робочими органами відповідає агровимогам і становить 1,198г/см3, що на 6,2% менше ніж для базового варіанту і на 37% менше у порівнянні з агрофоном; величина опору зминання ґрунту (твердість) становить 49,77кН/м^2, що

менше на 15,7% у порівнянні з базовим обробітком та на 43% менше у порівнянні з фоном.

Висновки. Показник заробки добрив та рослинних решток, в порівнянні з базовим варіантом, збільшився в 2,07 разів і становить 87% та відповідає теоретично визначеному значенню. Максимальна гребнистість мікрорельєфу профілю обробленої поверхні поля за обробітку знаряддям оснащеним пропонованими ґрунтообробними робочими органами не перевищує 5,6 см.

Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В.В. Адамчука, М.І. Грицишина. – К.: Аграр. Наука, 2012. – 416 с.

2. Кухарець С.М. Кінематична модель ротаційного ґрунтообробного знаряддя / Кухарець С.М., Шелудченко Б.А., Забродський П.М. // Вісник Державної агроекологічної академії України. – Житомир. – ДАУ. - 2002. – №1. – С.133-137.

3. Модельні дослідження макетів ротаційних робочих органів грунтообробних знарядь /С.М. Кухарець, Б.А. Шелудченко, В.О. Шубенко та ін. // "Механізація сільськогосподарського виробництва": Зб. наук. пр. Нац. аграр. ун-ту. – К. - НАУ. - 2000. – №8. – С.199-202.

4. Надійність роботи грунтообробного знаряддя з “кільцевими” ротаційними робочими органами за наявності у них технологічних тріщин / Б.А. Шелудченко, В.О. Шубенко, С..М. Кухарець та ін. // Вісник Державної агроекологічної академії України. Житомир. ДААУ. 1999. №1-2. С.124-129.

УДК 631.3

СТАН ТА НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ

Кротенко В.П.
Таращанський технічний економіко-правовий фаховий коледж

Сільське господарство є однією з найважливіших галузей національної економіки України, що забезпечує продовольчу безпеку держави, формує значну частину експорту та створює робочі місця у сільській місцевості. В умовах глобалізації, кліматичних змін, зростання населення та дефіциту ресурсів зростає потреба у підвищенні ефективності сільськогосподарського виробництва. Вирішальну роль у цьому процесі відіграє землеробська механіка – галузь науки і техніки, яка займається

розробкою, впровадженням і вдосконаленням машин, агрегатів та технологій для обробітку ґрунту, посіву, догляду за культурами та збирання врожаю. Її розвиток безпосередньо впливає на продуктивність аграрного виробництва, економічну ефективність і конкурентоспроможність аграрного сектору.

Останні наукові дослідження у сфері землеробської механіки свідчать про глибоку трансформацію цієї галузі. Науковці, такі як В.І. Кисіль, О.П. Гончарук, J. Blackmore та M. Gebbers, у своїх роботах підкреслюють важливість впровадження автоматизації, роботизації та цифрових технологій у процеси сільськогосподарського виробництва. Особлива увага приділяється підвищенню енергоефективності машин, зменшенню викидів шкідливих речовин, розвитку систем точного землеробства та застосуванню елементів штучного інтелекту для прогнозування врожаїв та оптимізації технологічних операцій. Водночас, вітчизняна аграрна техніка потребує модернізації, оскільки значна частина парку машин і обладнання є морально та фізично застарілою.

Метою дослідження є визначення сучасного стану землеробської механіки, аналіз існуючих проблем і тенденцій її розвитку, а також обґрунтування перспективних напрямів удосконалення машинно-тракторних систем і технологій у контексті сталого розвитку аграрного виробництва України.

Землеробська механіка як наука почала активно розвиватися у другій половині XIX століття із появою перших парових та механічних агрегатів для обробітку ґрунту. У XX столітті розвиток машинобудування призвів до масового поширення тракторів, комбайнів та іншої техніки, що значно підвищило продуктивність праці. У незалежній Україні цей напрям зіткнувся з низкою викликів – застарілим обладнанням, недостатнім фінансуванням наукових досліджень та низькою інноваційною активністю підприємств. Однак останні десятиліття характеризуються поступовою інтеграцією сучасних технологій та створенням умов для відновлення технічного потенціалу галузі.

Стан землеробської механіки сьогодні визначається поєднанням традиційних технологій і новітніх інноваційних підходів. Україна має значні виробничі потужності у сфері сільськогосподарського машинобудування, але рівень технічного оснащення багатьох господарств залишається нижчим за середньоєвропейський. Близько 60 % техніки експлуатується понад 10 років, що впливає на якість і ефективність виконання технологічних операцій. У той же час активно впроваджуються системи точного землеробства, автоматизовані системи керування машинами, датчики моніторингу стану ґрунту та посівів, а також цифрові платформи для управління виробничими процесами.

Сучасні технологічні рішення включають використання GPS-навігації, безпілотних тракторів, роботизованих комплексів, систем

моніторингу технічного стану машин і дистанційного керування. Особливу роль відіграють технології точного землеробства, які дозволяють оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати на паливо, добрива та засоби захисту рослин, а також підвищити врожайність. Застосування штучного інтелекту та великих даних (Big Data) дає можливість прогнозувати аграрні процеси, планувати технологічні операції та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Основними проблемами розвитку землеробської механіки в Україні є: недостатнє фінансування науково-дослідних робіт; низький рівень інвестицій у технічне переоснащення; відсутність ефективних державних програм підтримки виробників техніки; кадровий дефіцит у галузі. Крім того, впровадження новітніх технологій потребує значних капіталовкладень та високої кваліфікації персоналу, що обмежує їх поширення у малих та середніх господарствах.

Перспективи розвитку землеробської механіки пов’язані з поглибленою інтеграцією цифрових технологій, створенням інтелектуальних систем керування технікою, переходом до енергоощадних і екологічних технологій, а також розвитком міжнародної кооперації. У майбутньому очікується поширення автономних машин, інтернету речей (IoT) у сільському господарстві, широке застосування аналітичних платформ для управління даними та автоматизованого прийняття рішень. Ці тенденції дозволять підвищити ефективність аграрного виробництва, знизити витрати та забезпечити стійкий розвиток галузі.

Землеробська механіка є ключовим чинником розвитку сучасного аграрного виробництва. Вона визначає ефективність використання ресурсів, продуктивність праці та конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств. Україна має значний потенціал для розвитку цієї галузі, але для його реалізації необхідно посилити державну підтримку, стимулювати інновації, забезпечити підготовку кваліфікованих кадрів і створити сприятливі умови для залучення інвестицій. Впровадження інтелектуальних систем, цифрових технологій та екологічних підходів стане основою сталого розвитку землеробства у XXI столітті.

Список використаних джерел

1. Кисіль В.І. Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки // Вісник аграрної науки. – 2025. – №3. – С. 45–50.

2. Гончарук О.П. Механізація землеробства в умовах цифрової економіки. – Київ: Аграрна наука, 2025. – 180 с.

3. Блекмор Дж. Робототехніка та автоматизація в сільському господарстві // Точне землеробство. – 2025. – Т. 24. – С. 112–128.

4. Гебберс М. Цифровізація в сільському господарстві: можливості та виклики // Журнал сільськогосподарського машинобудування. – 2025. – Т. 59. – С. 98–115.

УДК 631.31

АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ

Теслюк В.В., Вечера О.М., Кривичун А.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. В аграрному виробництві найважливішими проблемами механізованого передпосівного обробітку ґрунту є скорочення часу на його обробіток, збереження родючості та регульоване руйнування природної структури. Механічний обробіток ґрунту базується на чотирьох основних загальноприйнятих прийомах: оранці, розпушуванні, культивації, прикочуванні.

Аналіз останніх досліджень. З агротехнічної точки зору послідовне виконання вказаних операцій призводить до збільшення числа проходів аґреґатів по полю. Зменшення кількості таких проходів, часу на виконання технологічних операцій, а також зменшення випаровування вологи – базові ідеї для розробки та впровадження комбінованих ґрунтообробних аґреґатів [1]. В умовах сучасних систем землеробства передпосівний обробіток у сівозмінах має бути протиерозійний та різноглибинний, при якому чергуються глибокі, середні, мілкі, поверхневі, полицеві та безполицеві обробітки. В умовах Полісся України, де найбільш родючі ґрунти недостатньо вивчені передпосівний обробіток ґрунту плоскорізними знаряддями, є основою сучасних систем землеробства. Наукою і практикою встановлено, що внаслідок плоскорізного обробітку на поверхні поля залишається від 80 до 90 % рослинних решток, що запобігають вітровій та водній ерозіям ґрунту, забезпечують снігозатримання, зберігають вологу, сприяючи одержанню вищих врожаїв. Актуальним науково-практичним завданням під час проведення комбінованого обробітку є використання таких аґреґатів, які б виконували передпосівний обробіток і зберігали структурність ґрунту, що впливає на природні фізико-механічні, хімічні й біологічні властивості. Структурним вважається грудкувато-зернистий ґрунт з вмістом аґреґатів розміром від 0,25 до 20 мм понад 50 %, та ґрунтових аґреґатів завбільшки менше ніж 0,25 мм не більше 15 % [2].

Огляд існуючих комбінованих ґрунтообробних аґреґатів показав, що мало вивченою основною проблемою при обробітку ґрунту є зменшення руйнування ґрунту, надання раціональної структури, збереження вологи.

Мета дослідження. Підвищення ефективності передпосівного обробітку грунту шляхом удосконалення комбінованого ґрунтообробного знаряддя.

Результат досліджень. Для умов Полісся найбільш раціонально використовувати планчасті котки. Діаметр такого котка перебуває в межах 230...380, товщина прутка 8...16, відстань між прутками 60...120 мм,

кількість їх по колу котка 6...12. Особливо проходу культиватора або пружинної борони, обладнаної секціями планчастих котків, ґрунт має дрібно фракційну структуру і щільність 1,1...1,2 т/м^3. Фронтально встановлені планки по спіралі в складі котка ущільнюють підповерхневий шар ґрунту на глибині 50...100 мм, проте недостатньо вирівнюють поверхню поля. Крім того, планчасті котки внаслідок жорсткого кріплення прутків забиваються рослинними залишками і ґрунтом при його підвищеній вологості. Це обмежує застосування на таких полях комбінованих машин, якісна робота яких досягається при вологості 18...22%. Таким чином необхідні роботи по подальшому узгодженню сумісної роботи котків в складі МТА, з узгодженням впливу параметрів котків на основні агротехнічні показники обробітку ґрунту.

Провівши розрахунок впливу технологічних параметрів котка (діаметра d, мм; та результуючої сили P, Н) на нормальну силу (тиск) згідно моделі (1), отримаємо аналітичні залежності, які можна відобразити графічно та знайдемо діапазони допустимих діаметрів котка.

Таким чином параметри котка представленні в табл. 1 забезпечують необхідну щільність ґрунту у випадку початкової щільності ρ_0=900…1000кг/м^3.

Подальші конструкційні та технологічні параметри (вагу котка G, крок планок l, ширину планки b, конструкційний діаметр котка $D_к$, кут закручування планки α, ширину котка $B_к$) можна встановити враховуючи робочу швидкість ґрунтообробного аґреґата υ та з огляду на суцільність обробітку. Для підвищення рівномірності обробітку грунту комбінованим агрегатом, вісі котків запропоновано встановити на плаваючій підвісці. Рівномірність ходу рами по поверхні ґрунту забезпечується за рахунок застосування балансирної підвіски, яка копіює рельєф поверхні поля. Ефективність роботи ґрунтообробних знарядь оцінювалась через покращення показників передпосівного обробітку ґрунту. Експериментальними дослідженнями встановлено, що інтенсивність руйнування структури ґрунту зменшується за рахунок використання послідовно розташованої пари котків. Кількість фракцій ґрунту з середнім розміром d < 0,25мм і d > 10мм, зменшилась на 7,0 % і 2,5 % до базового агрегата та відповідно на 23,1 % і 29,6 %, до агрофону.

Встановлено, що ущільнення ґрунту при збільшенні швидкості понад 3,6 м/с (12,96 км/год) планчастим парним котком зменшується; діапазон результуючої сили раціонально утримувати в межах 15…75 кПа. При цьому коефіцієнт об’ємного зминання пропонованого варіанту аґреґата на 20 % менший порівняно з агрофоном та на 21% більший за показник базового аґреґата що у свою чергу, відповідає значенням в межах 1…5 Н/см^3.

Розроблений ґрунтообробний агрегат порівняно з базовим у середньому забезпечує зменшення втрат вологи під час обробітку до 13 %,

збільшення щільності до 25 % порівняно з базовим агрегатом. Абсолютна вологість ґрунту у шарі 0…40 мм після проведення обробітку при порівнянні з базовим варіантом була вищою на 62 %.

Встановлено, що застосування комбінованого ґрунтообробного агрегата зменшує витрати праці за рахунок скорочення числа операцій на 23,6 %, сукупної енергії на 13,9 % порівняно з контрольним варіантом. Річний економічний ефект від застосування аґреґата оснащеного експериментальними ущільнювачами в порівняно з базовим агрегатом становить 1056 грн. для площі 100 га.

Висновки. Аналіз існуючих комбінованих агрегатів культиваторного типу показав, що їх недоліком є високий ступінь руйнування структури ґрунту, який запропоновано вирішувати за рахунок використання пари планчастих котків. За умов застосування запропонованої конструкції встановлено, що інтенсивність руйнування структури ґрунту зменшується. Кількість фракцій ґрунту з розмірами грудочок d < 0,25мм і d > 10мм зменшилась на 7,0 % і 2,5 % порівняно з обробітком базовим агрегатом та відповідно на 23,1 % і 29,6 %, до агрофону. Застосування запропонованого комбінованого ґрунтообробного агрегата зменшує витрати праці за рахунок скорочення числа операцій на 23,6 %, сукупної енергії на 13,9 % порівняно з контрольним варіантом.

Список використаних джерел

1. Адамчук В.В. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. К.: Аграр. Наука, 2012. 416 с.

2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Каравелла, 2004. 448 с.

УДК 631.171: 633.63

ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТІВ ПІД БУРЯКИ

Теслюк В.В., Вечера О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Марценюк І.О.
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми. Традиційний технологічний процес вирощування коренеплодів буряків включає послідовно виконувані операції обробки грунту, внесення добрив, весняної передпосівної обробки, сівби та догляду за посівами, які забезпечують необхідні умови для проростання

насіння, росту і розвитку коренеплодів та накопичення в них цукру а також збирання урожаю.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз опублікованих результатів наукових досліджень і практичного вирощування коренеплодів буряків, показує, що передпосівний обробіток грунтів, особливо, важких за механічним складом, характеризується багаточисельним проходом передпосівних агрегатів. Вплив на проведення такої кількості проходів агрегатів, викликаний грунтово-кліматичними умовами бурякосіючих господарств для забезпечення якості відповідно до агротехнічних вимог. До того ж багаторічними результатами досліджень наукових установ встановлено, що рослини буряки досить вимогливі до якості передпосівної підготовки грунту. Техніка, яка досить широко застосовується для забезпечення традиційної технології вирощування коренеплодів буряків, досить широко представлена на ринку. Поряд з тим, з урахуванням зональних властивостей грунтово-кліматичних умов, що характерно для вирощування коренеплодів цукрових буряків в умовах України, виникає потреба науково-техніко-технологічно обгрунтування і впровадження гребеневої технології підготовки грунту. Тому для їх вирощування, повинні бути розроблені і впроваджені зональні прийоми і технології, які передбачали б мінімалізацію передпосівного обробітку грунту, особливо важкого за механічним складом.

Мета дослідження. Підвищення ефективності вирощування коренеплодів буряків на грунтах важких за механічним складом.

Результат досліджень. Аналіз розвитку науки і практики в напрямку створення енергозберігаючих й ґрунтозахисних технологій виробництва коренеплодів буряків дав нам підстави для розробки, дослідження та впровадження способу їх виробництва на грунтах важких за механічним складом, який підвищує їх продуктивність, знижує матеріальні та енергетичні затрати. Суть її полягає в слідуючому: восени на фоні напівпарового або поліпшеного обробітку грунту на вирівненій поверхні поля культиватором (наприклад УКРП-5,4 або УСМК-5,4), обладнаним туковисівними апаратами, локально вносять мінеральні добрива, які розміщують по лінії майбутніх рядків на інтервалах заданої ширини міжрядь 45 см, в зоні найкращого розвитку кореневої системи рослин на глибину 16-20 см з одночасним формуванням гребенів спеціальними робочими органами над стрічками внесених добрив.

Формування гребенів восени сприяє інтенсивному накопиченню вологи, а весною швидкому дозріванню грунту в зоні гребенів,що дозволяє в більш ранні строки проводити сівбу і збільшити вегетаційний період. Ранньою весною гребені зрізають до висоти 3-4 см відносно поверхні з одночасним стрічковим внесенням гербіцидів в зону рядка з наступним висівом насіння цукрових буряків.

В результаті проведених досліджень на посівах коренеплодів цукрових буряків встановлено, що за умов більш ранніх строків сівби відмічено зниження ураження рослин коренеплодів буряків коренеїдом в 1,8 рази порівняно з традиційним, отримано достовірний приріст урожайності коренеплодів і збір цукру відповідно на 4,8 т/га і 0,7 т/га, в той же час виключення прийомів весняного боронування, шлейфування, глибокого обробітку, суцільного внесення гербіцидів, передпосівного обробітку зумовило зниження витрат праці в 1,5 рази, пального - в 2,5 рази, грошових витрат - в 1,9 рази.

Висновок. Наукове і практичне обґрунтування технологічної операції передпосівного обробітку грунту, важкого за механічним складом шляхом осіннього формування гребенів показало позитивні результати і є актуальним для наукових досліджень та практичної реалізації технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Зубенко В.Ф. Довідник буряковода / В.Ф. Зубенко. – К.: Урожай, 1991. – 237 с.

2. Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник/ В.Д. Гречкосій, В.Д. Войтюк, Р.В. Шатров, І.І. Мельник, Я.М. Михайлович, В.Г. Опалко. – Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 364 с.

3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Агроосвіта, 2015. – 679 с.

4. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 2 / [А.В. Рудь, І.М. Бандера, Д.Г. Войтюк та ін.] ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 432 с.; іл.

УДК 631

АДАПТАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ПИТОМОГО ОПОРУ ҐРУНТУ ДО ЗМІНЕНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА НОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ

Тесленко О.В., Хворост Т.В., Зубко В.М.
Сумський національний аграрний університет

Аграрне виробництво та аграрне машинобудування перебуває у стані постійних змін. Ми є свідками того, що за останні роки суттєво трансформувалися ґрунтово-кліматичні умови, змінилися технології вирощування агрокультур, відбулося оновлення парку техніки та підвищення швидкісних режимів її роботи. Відповідно, методики, які були

розроблені раніше, сьогодні не в повній мірі відображають реальні умови функціонування і не забезпечують достатньої точності результатів.

Однією з ключових проблем є те, що теоретичні розрахунки часто не корелюють із практичними результатами. Причини цього явища криються у впливі низки факторів, серед яких найважливішими є:

1. зміна властивостей ґрунтів;
2. зміна питомого опору;
3. трансформація експлуатаційних показників машинних агрегатів (МА);
4. специфічні умови роботи робочих органів у полі (різниця у наповнені шарів ґрунту рослинними рештками).

Сучасні машини працюють у значно вищому діапазоні: 10–12 км/год, а подекуди навіть до 20 км/год. Така різниця призводить до того, що класичні залежності втрачають актуальність.

Питомий опір плугів і лемішних лущильників визначався при глибині обробітку 25 см і враховував ширину захвату:

$$R = k_{0V} \cdot b \cdot a \cdot n_K + G_m \cdot g \cdot \lambda \cdot (f \pm \frac{i}{100}), \text{ кН.} \quad (1)$$

Проте аналогічні підходи вже не можна безпосередньо застосувати до інших агрегатів, включаючи сучасні швидкісні агрегати такі як дискові борони, культиватори чи інші знаряддя. Відповідно для розрахунку опору агрегату для цих агрегатів застосовувалась інша залежність:

$$R = k_V \cdot B + G_m \cdot g \cdot \lambda \cdot (f \pm \frac{i}{100}), \text{ кН;} \quad (2)$$

де $\boldsymbol{R}$ — загальний опір машини, кН;
$\boldsymbol{k_{ov}}$ — питомий опір плугів, кН/м^2;
$\boldsymbol{k_v}$ — питомий опір звичайних машин, кН/м;
$\boldsymbol{b}$ — ширина захвату корпуса плуга, м;
$\boldsymbol{a}$ — глибина оранки, м;
$\boldsymbol{B}$ — конструктивна ширина захвату звичайних машин, м;
$\boldsymbol{G_m}$ — маса машини, т;
$\boldsymbol{G_{ван}}$ — маса вантажу, що перевозиться, т;
$\boldsymbol{\lambda}$ — коефіцієнт, що враховує довантаження енергетичного засобу.

Питомий опір машин-знарядь залежить від швидкісного режиму роботи і може бути уточнений за такими емпіричними залежностями:

— для плугів і лемішних лущильників

$$k_{0V} = k_0 \cdot [1 + 0{,}006 \cdot (V_P^2 - V_0^2)], \text{ кН/м}^2; \quad (3)$$

— для інших машин

$$k_V = k \cdot [1 + T \cdot (V_P - V_0)], \text{ кН/м}^2; \quad (4)$$

де $\boldsymbol{k_o}$ — питомий опір плугів при швидкості руху до 5 км/год, кН/м^2;
$\boldsymbol{V_p}$ — робоча швидкість агрегату, км/год;
$\boldsymbol{V_o}$ — швидкість, при якій визначено питомий опір машин у виробничих умовах, км/год (приймають $\boldsymbol{V_o}$ = 5 км/год);
$\boldsymbol{k}$ — питомий опір звичайних машин при швидкості до 5 км/год, кН/м;
$\boldsymbol{T}$ — темп приросту питомого опору для відповідної машини.

У результаті теоретичні розрахунки не відповідають фактичним даним, які отримуються у полі.

Польові дослідження, спілкування з аграріями та аналіз великої бази даних дозволили зробити важливий висновок: для того щоб підвищити точність прогнозів, потрібно повернутися до теоретичних основ і адаптувати їх під сучасні умови.

Питомий опір ґрунту безпосередньо впливає на продуктивність агрегатів, витрату палива, коефіцієнт використання часу зміни.

Отже, коректне визначення питомого опору стає базою для побудови всіх подальших розрахунків.

З цією метою нами була створена методика, що дозволяє враховувати вплив умов під час виконання різних технологічних операцій. Вона ґрунтується на таких положеннях:

- питомий опір залежить не лише від глибини обробітку та ширини захвату, а й від швидкості руху агрегату;
- твердість ґрунту змінюється по шарах, і цей фактор потрібно враховувати окремо;
- на результати суттєво впливають рослинні рештки та ступінь ущільнення ґрунту.

Для цього у методику введено коефіцієнт ΔК, який відображає реальні умови роботи робочого органу. Якщо поле містить значну кількість рослинних решток, коефіцієнт буде знижуватися, адже опір агрегату зменшується. Якщо ж ґрунт ущільнений, значення коефіцієнта зростає.

— для плугів і лемішних лущильників

$$k_{0V} = k_0 \cdot \Delta k \cdot [1 + 0{,}006 \cdot (V_P^2 - V_0^2)], \text{ кН/м}^2 \quad (5)$$

— для інших машин

$$k_V = k \cdot \Delta k \cdot [1 + T \cdot (V_P - V_0)], \text{ кН/м}^2; \quad (6)$$

де Δk - - коефіцієнт, який враховує реальні ґрунтово-польові умови.

Ми виходимо з гіпотези, що якщо визначити оптимальні умови роботи агрегатів, перевести їх у числові коефіцієнти та інтегрувати в оновлені формули питомого опору, то теоретичні результати почнуть корелювати з практичними даними. Це, у свою чергу, дозволить створити універсальну систему розрахунків, яка буде актуальною для сучасного рівня аграрного виробництва.

Реалізація цієї методики дасть можливість:

- точніше прогнозувати техніко-економічні показники роботи агрегатів у конкретних польових умовах,
- визначати оптимальні машини для різних типів ґрунтів та технологій,
- знизити витрати палива та підвищити продуктивність,
- удосконалити процеси планування та управління механізованими роботами.

Таким чином, поєднання сучасних теоретичних розрахунків із практичними даними дозволить сформувати новий підхід до оцінки ефективності МА, що відповідатиме сучасним викликам аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу : навч. посіб. / І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій, В. В. Марченко [та ін.]. – Київ : Видавничий центр НАУ, 2004. – 86 с.

2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. – К.: Каравела, 2004;

3. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу. Навчальний посібник. / Укладачі: Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Марченко В.В., Михайлович Я.М., Мельник В.І., Надточій О.В. — К.: Видавничий центр НАУ. 2001.— 48с.

УДК 631.171

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Теслюк Б.В., Вечера О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

В умовах ринкової економіки прибутковість господарювання протягом виробничого циклу залежить від оптимального вирішення ключових питань: розподілу функцій між людиною та машиною за допомогою організаційно-технологічних засобів та відображення поточного й прогнозованого майбутнього впливу оточуючого середовища і нормування витрат ресурсів у диференційно-просторовому визначенні. Тобто використання сучасних інформаційних технологій в сільськогосподарському виробництві зумовлює тактику й стратегію агротехнологій точного виробництва, визначення оптимальної норми поживних речовин у ґрунті для оптимального росту і розвитку рослин на

всіх стадіях веґетації базуються на концепції, що агрохімічний склад ґрунту є індикатором його родючості й потребує першочергової уваги. Впровадження технологічної й технічної новизни у сільськогосподарське виробництво має здійснюватися шляхом системного аналізу технологічних процесів із визначенням їх економічної ефективності. Зараз системи точного виробництва отримують усе більше визнання й розповсюдження. Вони базуються на новому погляді на сільське господарство, за якого сільськогосподарські угіддя, не однорідні за рельєфом, ґрунтовим покривом і агрохімічним вмістом, вимагають застосування на кожній ділянці найбільш типових агротехнологій [1].

Розвинуті країни світу вже давно зрозуміли, що інформаційні технології можуть приносити неабияку користь сільському господарству. У США, Японії, Китаї, деяких європейських країнах (Німеччина, Велика Британія, Голландія, Данія) "точним сільським господарством" почали займатися ще у 80-х роках минулого століття. У країнах Східної Європи на роль інформаційних технологій в агросекторі звернули увагу лише з середини 90-х, коли виникла можливість використовувати мережу відбору проб ґрунту для агрохімічного обстеження разом із недавно розробленою технологією диференціального внесення добрив. Можливість використати інформаційні системи для високоточного усунення неоднорідності в родючості ґрунтів на великих просторах зробила цю концепцію популярною, що вважається етапом комерціалізації точного землеробства. Отже, в основі наукової концепції точного виробництва закладені уявлення про існування неоднорідностей у межах одного поля. Для оцінки і виявлення таких неоднорідностей використовуються найновітніші технології, в тому числі системи навігаціїї GPS та інші, спеціальні датчики, аерофотозйомка, програми аграрного менеджменту на базі геоінформаційних систем. Основа точних технологій звужує його сутність до управління своєчасним втручанням у процес вирощування сільськогосподарських культур із тим, аби зробити це управління більш контрольованим. Концепція сайт-специфічного управління сільськогосподарськими площами – практика точного землеробства, заснована на оптимальному використанні ресурсів для покращання родючості ґрунтів. При цьому рішення можуть прийматись як для реагування та корегування часових змін у межах веґетаційного періоду, так і для підвищення ефективності виробництва в цілому. Метою агротехнологій точного виробництва є отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур з мінімальними витратами на підвищення родючості ґрунту, захист рослин від бур’янів, хвороб і шкідників та на підживлення рослин добривами. Завдання сучасних технологій полягає у визначенні етапів впровадження точного виробництва з урахуванням інноваційних досягнень науково-технологічного прогресу [2, 3].

Системи точних технологій отримують усе більше визнання і розповсюдження в Україні. Їх мета – підвищення виробництва

сільськогосподарської продукції та збереження навколишнього середовища. Системи точних технологій, що використовуються у сільськогосподарському виробництві, мають низку складових. Завданням даних підсистем є: моніторинг і контроль використання техніки; автоматичний моніторинг урожайності і складання карт урожайності полів; складання ґрунтових карт із використанням автоматичних ґрунтових відбірників; можливість вносити необхідну кількість добрив, пестицидів і насіння на різні ділянки одного й того ж поля; спостереження за динамікою процесів на основі накопичення, збереження і наочності зібраних даних; відслідковування зміни стану полів і посівів на різних ділянках, що допомагає визначити послідовність їх обробітку; багатофакторний аналіз і візуалізація зібраних даних тощо.

Підсистема точного землеробства включає:

- організацію первинного обліку фактично використаної ріллі за допомогою GPS-технологій і пристроїв високоточної навігації, паспортизації полів, створення електронних карт полів, агрономічний облік по кожному полю і робочій ділянці;
- проведення агрохімічного обстеження полів за допомогою автоматичних ґрунтовідбірників й спектрометричний лабораторний аналіз;
- проведення моніторингу земель (поточний, щорічний, облік змін розміру землекористування і структури посівних площ).

Підсистема точного рослинництва включає:

- складання проекту землеустрою господарства (вибір сівозмінних площ під застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, розміщення кормових і спеціальних сівозмін);
- оптимізація системи удобрення на заплановану урожайність на основі дослідження агрохімічних властивостей ґрунтів.

У залежності від біологічних вимог сільськогосподарських культур, отриманих на основі результатів польових і лабораторних обстежень і розрахунку даних, вноситься диференційована (відносно розробленої ґрунтової карти і розташування на місцевості) норма елементів живлення. Таким чином, досягається оптимізація живлення культур і вирівнювання урожайності відповідно різних ділянок поля. Це забезпечує економію добрив, підвищення урожайності та якості сільськогосподарської продукції, а також створює умови для збереження навколишнього середовища. Крім того, зниження антропогенного навантаження на агробіоценози підвищує їх стійкість, даючи змогу отримати додатковий приріст урожаю за рахунок біологічних факторів.

Таким чином економічним обґрунтуванням використання точних технологій є: повне використання потенціалу рослин; економія внесення засобів захисту і добрив; економія від скорочення кількості проб у ході точкового агрохімічного аналізу ґрунту; економія витрат на насіння. Ці показники дають можливість не тільки окупити придбання спеціальних

приладів за 2–3 роки, а й отримати значні прирости урожаю сільськогосподарських культур.

Список використаних джерел

1. Інформаційні системи. Сучасні інформаційні системи [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://ua.textreferat.com/referat-7738-1.html.

2. Гафіяк А.М. Вимоги до розробки сучасних геоінформаційних систем / А.М. Гафіяк, О.В. Фінагіна // Економіка і регіон: наук. вісн. – Полтава: ПолНТУ, 2012. – №5(23). – С. 81-85.

3. Тверезовська Н. Т. Інформаційні технології в агрономії : навч. посіб. / Н. Т. Тверезовська, А. В. Нєлєпова. – К. : «Центр учбової літератури», 2016. – 272 с

УДК 631.331.922

ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНЕРЦІЙНО-ФРИКЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ

Вечера О.М., Куянов В.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведені останніми роками дослідження показали, що метод передпосівного хімічного знезараження насіння не завжди забезпечує необхідну ефективність. Деякі типи мікроорганізмів, присутніх на насінні, мають збільшену стійкість до дії отрутохімікатів, що використовуються в процесі його знезараження. Таким чином, для досягнення необхідної ефективності знезараження необхідно застосовувати або підвищені дози протруйників, або використовувати нові більш ефективні та дорогі хімічні препарати, які мають вищу токсичність. Крім того, існує межа використання отрутохімікатів, після якої їх подальше використання стає небезпечним. При цьому недосконалість технологій і технічних засобів хімічного захисту рослин від шкідників і хвороб, а також недотримання інших агротехнічних і технологічних вимог призводять до надлишкового вмісту пестицидів у ґрунті, забруднення водоймищ і ґрунтових вод, пригнічення життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів та знищенню корисної грунтової мікрофлори. Одним з шляхів поліпшення даної ситуації є покращення передпосівної обробки насіння зернових нехімічними методами.

До найбільш ефективних нехімічних методів обробки насіння - дезінфекції на сьогоднішній день можна віднести різні електрофізичні методи знезараження, такі як: знезараження зерна прискореними електронами, потужним рентгенівським або гама-випромінюванням,

струмами високої та надвисокої частоти, інфрачервоним опроміненням та іншими, а також озонування. Всі ці методи характеризуються високою ефективністю знезараження, але мають свої особливості використання. Але за допомогою електрофізичних методів можна організувати безперервне знезараження зерна в потоці.

Як показав аналіз конструктивно-технологічних параметрів сучасних протруювачів різних типів, вони потребують вдосконалення, особливо в напрямку забезпечення можливостей безпосереднього використання їх у фермерських господарствах, які ще досі часто змушені користуватися шнековими протруювачами. Розроблений та виробляємий інерційно-фрикційний протруювач неперервної дії на сьогодні є найбільш досконалим – він не травмує насіння, навіть гороху, сої, соняшника, ріпаку та ін., самоочищається від залишків препаратів, забезпечує високу продуктивність і якість обробки насіння (рис. 1).

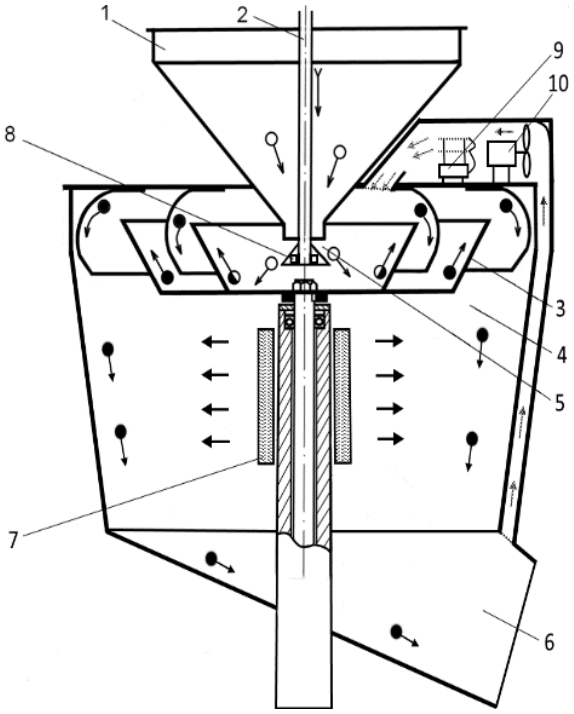


Рис. 1. Робочий процес модифікованого протруювача інерційно-фрикційного типу: 1- бункер; 2- трубка подачі робочої рідини; 3- чашоподібний змішувач; 4- камера протруювання; 5- дозатор насіння; 6- вивантажувальна горловина; 7- інфрачервоний випромінювач; 8- конічний дозатор-розподільник з вібраційним пристроєм; 9- генератор озону; 10- повітряний нагнітач.

Протруювач інерційно-фрикційної дії здійснює неперервну обробку насіння за такою схемою: насіння з бункера протруювача надходить самопливом через дозуючу горловину по встановленому під нею розподільнику на дно обертового конічного робочого органа, куди під

конус подається робоча рідина, яка під дією відцентрових сил розтягується в плівку на дні і зустрічається з насінням, яке обертаючись навколо своєї осі, відбирає своєю поверхнею препарат. Оброблене таким чином насіння самопливом вивантажується через випускну горловину але нанесений препарат не встигає утворити стійку тверду плівку за браком часу для цього і високої вологості повітря всередині камери протруювання. В результаті досліджень була розроблена нова вдосконалена конструкція протруювача інерційно-фрикційного типу (Рис. 1), яка має збільшену камеру протруювання 4 з встановленим всередині потужним інфрачервоним джерелом опромінення 7, яке в разі потреби забезпечує швидкий нагрів поверхні протруєного насіння і підсушування його в процесі руху насіння. Зверху додатково встановлений генератор озону 9 з повітряним нагнітачем 10, який засмоктує повітря з вивантажувальної горловини, збагачує його озоном та подає в камеру протруювання для додаткової дезінфекції. Також, для більш рівномірної подачі та стабільного висипання насіння з бункера і таким чином збільшення продуктивності та якості обробки, додатково в конічний розподільник 8 встановлено вібраційний пристрій.

Внаслідок комплексного впливу на насіння – знезараження озоном та дії інфрачервоного опромінення утворюється твердіша плівка робочого препарату на поверхні, вона більш стійка до стирання та утримує більшу кількість пестицидів на насінині, таким чином підвищується загальна ефективність обробки і в подальшому - врожайність культури.

Крім того, в залежності від стану та виду насіння, стає можливо виконати екологічне знезараження без застосування пестицидів, використовуючи тільки дію інфрачервоного світла та озону.

УДК 631.36:631.147(477.53)

ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

Бурлака О.А.
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку аграрного сектору важливою складовою ефективного господарювання є раціональне використання машинно-тракторного парку, особливо при вирощуванні технічних культур. Однією з таких культур є цукровий буряк, який має стратегічне значення для продовольчої безпеки країни та розвитку переробної галузі [1]. Полтавська область має сприятливі природно-кліматичні умови для вирощування цукрового буряку. Високий вміст

гумусу в ґрунтах (2,5–4%), достатнє зволоження (близько 510 мм опадів на рік) та тривалий безморозний період (160–170 днів) забезпечують стабільне формування врожаю. Для господарств, які спеціалізуються переважно на вирощуванні кукурудзи та соняшнику, введення цукрового буряку в сівозміну є важливим агротехнічним та економічним кроком, що сприяє покращенню структури ґрунту, підвищенню його родючості та диверсифікації джерел прибутку [2].

Метою дослідження є обґрунтування та розробка проєкту комплексної механізації технологічного процесу вирощування і збирання цукрового буряку в умовах ТОВ «Агрофірма ім. Довженка» Миргородського району Полтавської області.

Основні завдання:

– проаналізувати природно-кліматичні та виробничі умови господарства;

– визначити оптимальну технологічну послідовність вирощування і збирання буряку;

– підібрати раціональний комплекс машин для виконання технологічних операцій;

– провести техніко-економічне обґрунтування ефективності виробництва.

Матеріали та методи дослідження. Об’єктом дослідження є технологічний процес вирощування та збирання цукрового буряку на площі 430 га в умовах ТОВ «Агрофірма ім. Довженка».

У роботі використано методи технологічного аналізу, економічного порівняння, моделювання витрат і виробничих показників, а також статистичні дані щодо врожайності, витрат і прибутковості основних культур господарства.

Для визначення продуктивності машинно-тракторного парку та обсягів механізованих робіт застосовано нормативно-довідкові матеріали з агроінженерії.

Результати дослідження. Господарство має площу близько 15 тис. га, основними культурами якого є соняшник та кукурудза. Проте тривале вирощування цих культур призводить до деградації ґрунтів, зниження врожайності та накопичення фітопатогенів. Для підвищення ефективності сівозміни запропоновано введення цукрового буряку та гороху.

За даними розрахунків, оптимальна площа посіву буряку становить 430 га. Загальні витрати на його вирощування – близько 14,4 млн грн (приблизно 33500 грн/га). Найбільші статті витрат припадають на мінеральні добрива (26%), засоби захисту рослин (20%), паливо-мастильні матеріали (16%) та насіння (17%) [3].

Запланована урожайність основної продукції становить 51 т/га, побічної – 15 т/га. При середній ціні реалізації 50 $/т загальний дохід із 1 га досягає $2250, собівартість – $1350, прибуток – $900, що забезпечує рентабельність понад 30 %. Для порівняння: прибутковість кукурудзи становить 430 $/га, соняшнику – 300 $/га. Таким чином, вирощування цукрового буряку дозволяє підвищити загальну економічну ефективність господарства в 2–3 рази.

Для забезпечення технологічного процесу підібрано комплекс сучасної техніки: трактори John Deere 8320R, John Deere 8400, CASE IH 8850, New Holland 83601, ХТЗ-150, а також навантажувач Manitou MLT-X 735 та бурякозбиральний комбайн Holmer Terra Dos T2.

Цей комплекс забезпечує виконання всіх етапів – від лущення стерні до збирання врожаю – із високою продуктивністю [4]:

- лущення стерні – 61,7 га/день;
- оранка – 15,1 га/день;
- внесення добрив – 85,5 га/день;
- сівба – 18,7 га/день;
- збирання – 9,9 га/день при втраті не більше 1–1,5 %.

Завдяки використанню сучасної техніки середній змінний виробіток умовного трактора становить понад 70 ум.ет.га, що дозволяє зменшити енерговитрати та витрати палива.

Питома витрата пального складає близько 33 кг/га, або 0,65 кг/т продукції. Згідно з розрахунками, річний валовий збір буряку становитиме 21 930 тон, побічної продукції – 6450 тон. Це створює передумови для налагодження співпраці з місцевими цукровими заводами Полтавської області, а також використання жому як кормової бази для тваринництва.

Висновки.

1. Вирощування цукрового буряку в умовах Полтавщини є агротехнічно доцільним і економічно вигідним.

2. Впровадження цієї культури в сівозміну ТОВ «Агрофірма ім. Довженка» сприятиме підвищенню родючості ґрунтів, зменшенню монокультури соняшнику та кукурудзи й покращенню екологічного стану полів.

3. Оптимальний комплекс машин забезпечує повну механізацію технологічного процесу, підвищує продуктивність праці та знижує витрати ресурсів.

4. При запланованій урожайності 51 т/га очікувана рентабельність виробництва становить близько 30–35 %, що свідчить про високу ефективність впровадженого проєкту.

Список використаних джерел

1. Присяжнюк О. І., Шульга С. С., Кононюк Н. О., Завгородній В. М., Половинчук О. Ю., Голіченко Н. Б., Музика О. В., Шевченко О. П.,

Навроцька Е. Е. Ефективність вирощування буряків цукрових в умовах Степу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. № 31. С. 47–58. https://doi.org/10.47414/np.31.2023.292391

2. Роїк М., Ягольник О. Цукровий буряк в Україні: кризи, перемоги, перспективи. *Біоенергетика*. 2024. № 2. С. 4–8.

3. Іваніна В. В., Павук І. А. Економічна та енергетична ефективність вирощування буряків цукрових за альтернативних систем удобрення. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2017. Вип. 25. С. 41–47. https://doi.org/10.47414/np.25.2017.216865

4. Власні розрахунки за матеріалами ТОВ «Агрофірма ім. Довженка» Миргородського району Полтавської області, 2025.

УДК 663.144:621.928

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ ПИВОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Міненко С.В., Соловйов М.І.
Поліський національний університет

Як показують попередні дослідження, технічні засоби для зневоднення пивної дробини відзначаються складністю конструкції, високою металоємністю та низькою ефективністю технологічного процесу [1, 2, 3]. Встановлено, що наявні технічні засоби для зневоднення пивної дробини не повністю відповідають зоотехнічним вимогам, які висуваються до пивної дробини як добавки до корму для сільськогосподарських тварин.

Методи розділення неоднорідних рідких систем (суспензій) знайшли широке застосування в різних галузях економіки. Проведення детального аналізу існуючих конструкцій машин і апаратів, що використовуються для фракціонування дисперсних середовищ, становить певні труднощі, оскільки в літературних джерелах автори пропонують різні класифікації. Крім того, одні й ті самі установки та апарати часто застосовуються для розділення дисперсних середовищ із різними фізико-механічними властивостями. За принципом дії всі пристрої механічного фракціонування (за винятком флотаційних, які утворюють окрему групу) можна поділити на пристрої фільтрування та пристрої осадження.

Фільтрування відбувається під дією різних механічних сил, таких як гравітаційні, інерційні та поверхневі сили тиску. Принцип фільтрування полягає в тому, що тверді частинки суспензії, на які діє рушійна сила під час

проходження крізь фільтрувальну перегородку, затримуються на її поверхні, тоді як рідка фракція проходить через пори перегородки.

У виробництві найпоширенішими і найбільш ефективними установками для зневоднення є віброфільтри та центрифужні фільтрувальні установки. Їх широке застосування пояснюється простотою конструкції, невеликим енергоспоживанням, компактністю, надійністю в роботі та високою питомою пропускною здатністю фільтрувальної перегородки.

Віброфільтри відрізняються компактними розмірами та використовуються на підприємствах агропромислового комплексу для розділення суспензій, визначення фракційного складу та попередньої обробки вторинних продуктів.

На рис. 1 зображено схему віброфільтра біохімічного типу, який складається з кількох основних елементів: вібратор із приводом (1); пружинна опора (2); конічне днище зливного бункера (3); нижній приймальний бункер (4); лотки для виведення твердої фракції (5); верхній бункер із фільтрувальною перегородкою (7); камера подачі суспензії (8).

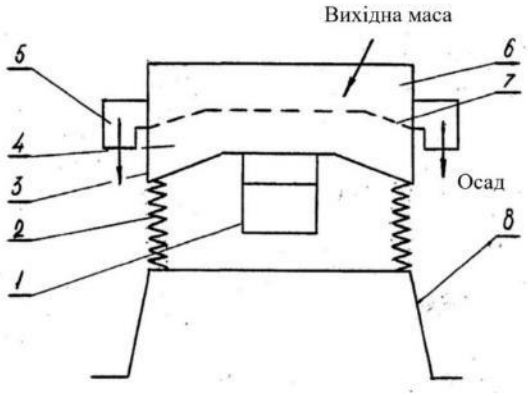


Рис. 1. Віброфільтр.

Під час роботи віброфільтра суспензія подається у центр вібруючого сита, де під дією інерційних, масообмінних та гравітаційних сил відбувається розділення компонентів: рідка фаза проходить крізь фільтрувальну перегородку, тоді як тверда фракція накопичується на її поверхні та виводиться через спеціальні лотки.

Фільтрат проходить через фільтровану перегородку в нижній бункер і потім відводиться назовні через лоток для подальшої обробки. Тверда фракція, яка утворюється в результаті фільтрації, переміщається до периферії верхнього бункера під дією інерційних сил і потім відводиться на переробку через лотки. Через малу продуктивність фільтрів, низькоефективний процес розділення, високу вологість твердої фракції і невелику експлуатаційну надійність, їх застосування обмежене.

У деяких країнах використовується проста установка з активним робочим органом, яка називається «дугове сито » (рис. 2). Вона складається з зварної рами 4, на якій встановлений похилий жолоб 3. Дно жолоба має

форму вигнутого сита 1, виконаного з перфорованого металевого листа. Під ситом знаходиться піддон 5 для збору фільтрату. Сировина подається на сито через розподільний лоток 2 і рівномірно розподіляється по всій ширині сита. При стіканні сировини вниз покривої перфорованої поверхні воно фільтрується. Фільтрат збирається в піддоні і виводиться в збірник, а тверда фракція скочується з нижнього краю сита і транспортується для подальшої обробки. У сучасній крохмалопаточній промисловості використовується кілька типів дугових «кривих» сит.

Однак при експлуатації цих установок виникають проблеми, такі як висока вологість твердої фракції, забивання фільтруючого елемента і велика кількість тонкодисперсних частинок у фільтраті [1].

Інерційні грохоти легкого типу ГІЛ-32,42,52 широко використовуються в багатьох галузях. Конструкція грохотів принципово однакова, але ГІЛ-32 відрізняється від ГІЛ-42,52 верхнім розташуванням вібратора. Інерційні грохоти типу ГІЛ неефективні в процесах розділення, оскільки містять багато дрібних зважених частинок у рідкій фракції, високу вологість твердої фракції осаду) і забруднений фільтрат. У процесі роботи продуктивність грохотів типу ГІЛ знижується через поступове забивання комірок фільтрувальної перегородки зваженими частинками.

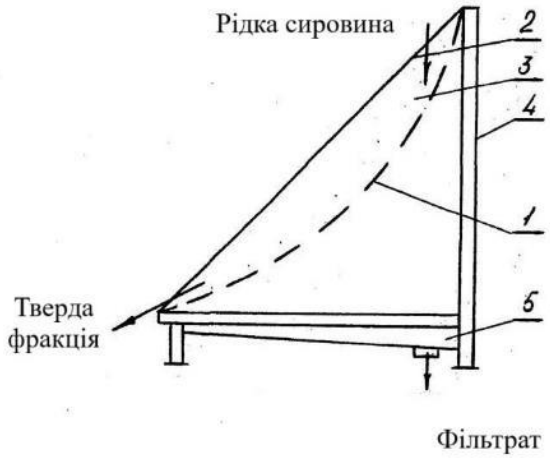


Рис. 2. Технологічна схема «дугового» сита

Грохоти (рис. 3) складаються з декількох елементів, включаючи короб, розподільний лоток, огорожу дебалансу, фільтрувальні перегородки, проміжну опору, стійку, піддон, пружинну опору, вібратор, клиноремінну передачу, електродвигун, підмоторну раму і раму.

Сировина подається на верхнє сито через лоток, який забезпечує рівномірний розподіл по ширині фільтрувальної перегородки. Тут грубі механічні включення відокремлюються і направляються в відвал. Очищена суспензія проходить через нижнє сито, де фільтрується. Рідка фракція стікає в піддон, а тверда фракція сходить з сита і направляється на подальшу переробку.

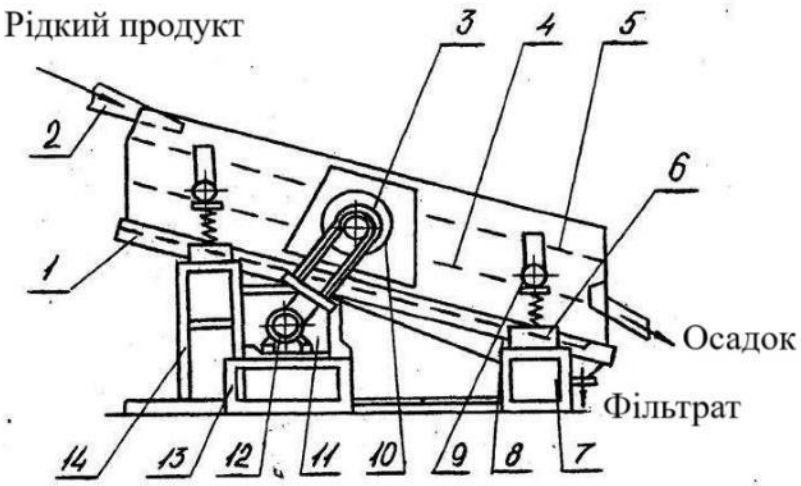


Рис. 3. Грохот типу ГІЛ

Продуктивність віброгрохотів може становити від 80 до 100 м³/год.

Відмінною особливістю барабанного віброгрохота ГБН-100 порівняно з грохотами типу ГІЛ є можливість роботи у двох режимах: без вібрації – при вологості продукту понад 97,6 %, та з вібрацією – при меншій вологості. Режими роботи й параметри фільтрувальної перегородки істотно впливають на кількісні та якісні показники роботи віброгрохотів. Розроблений в ІМЕСГ віброгрохот ГБН-100 (рис. 4) складається з: фільтрувального барабана (2); сита (3); завантажувального патрубка (4); піддону для збору рідкої фракції (5); лотка для відведення твердої фракції (1). Під час роботи вологий продукт подається через завантажувальний патрубок до обертового барабана. Під дією відцентрових сил матеріал притискається до внутрішньої поверхні барабана й проходить крізь сито, що забезпечує ефективне розділення суміші на тверду та рідку фракції.

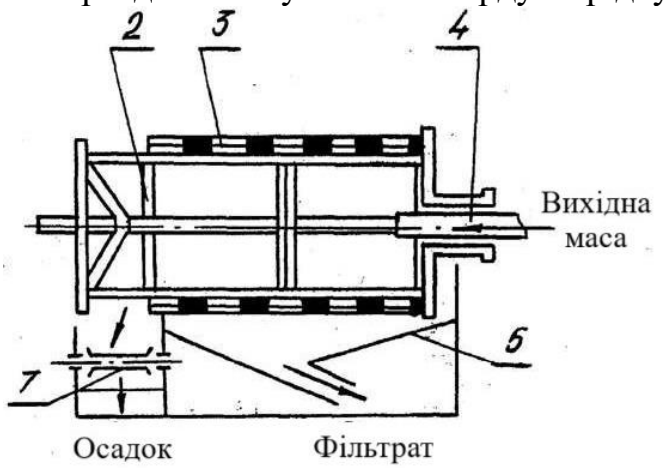


Рис. 4. Схема барабанного віброгрохота ГБН-100

Тверда фракція переміщується в осьовому напрямку завдяки вібрації барабана та виводиться через лоток, тоді як рідка фракція збирається у піддоні та відводиться назовні.

Пропускна здатність віброгрохота становить 67,4 м³/год.

Однак віброгрохот ГБН-100 має низку недоліків, серед яких:

- висока вологість отримуваної твердої фракції;
- низька ефективність процесу розділення за зваженими речовинами;
- складність технічного обслуговування та контролю технологічного процесу;
- обмежена адаптація до зміни фізико-механічних властивостей матеріалу, що розділяється.

У зв'язку з цим дана модель не набула широкого поширення.

У харчовій промисловості для зневоднення твердої фракції широко застосовуються фільтр-преси. Шнековий фільтр-прес (малюнок 8) складається з подаючого та пресуючого шнеків, перфорованого циліндра, натискного корпусу та електроприводу. Шнеки виготовляються з бронзи й обертаються у протилежних напрямках із різними швидкостями:

- частота обертання подаючого шнека – 7,5 хв$^{-1}$,
- частота обертання пресуючого шнека – 3,5 хв$^{-1}$.

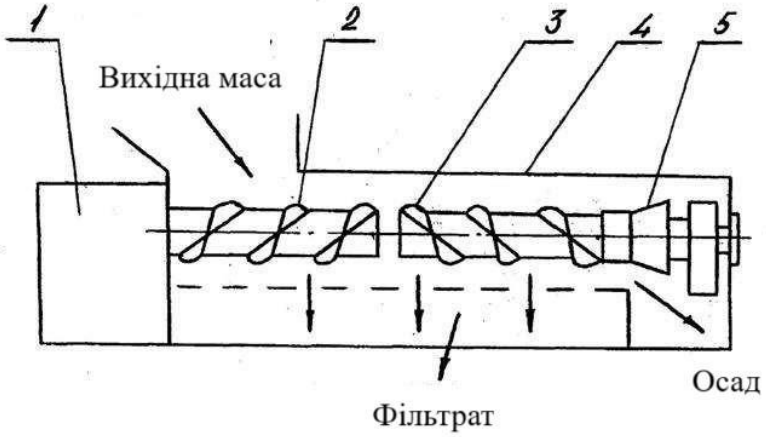


Рис. 5. Шнековий фільтр-прес ВПО-20

Шнеки обертаються всередині перфорованого латунного циліндра, посиленого зовні і з боку пресуючої частини сталевими кільцями. Тверду фракцію, що надходить в завантажувальний бункер, подаючий шнек переміщує вздовж циліндра, а рідина, що виділяється, стікає в піддон через отвори в циліндрі. При сходженні маси з останнього витка подаючого шнека вона підхоплюється першим витком обертового назустріч пресуючого шнека і просувається далі вздовж циліндра. Потім маса стискається, і з неї виділяється основна рідина. Однак, шнековий фільтр-прес обробляє вихідну масу зниженої вологості під високим тиском, що призводить до значному забрудненню фільтрату. Крім того, привід пристрою ускладнений, енергоємний і має велику металоємність.

Для осадження зважених частинок у суспензіях використовують вертикальні, горизонтальні та радіальні відстійники, де осадження

відбувається під дією сили тяжіння. Серед них найпростішим і широко використовуваним у тваринництві є вертикальний відстійник (рис. 6). У цій установці оброблювану суспензію подають зверху в центральну трубу 3. При виході з нижньої частини труби через розтруб 6 маса змінює напрямок руху і піднімається вгору. В результаті зважені частинки випадають в осад під дією сили тяжіння, а освітлена рідина через верхній зріз відстійної частини 5 переливається в зливний лоток 4 і відводиться для подальшої обробки.

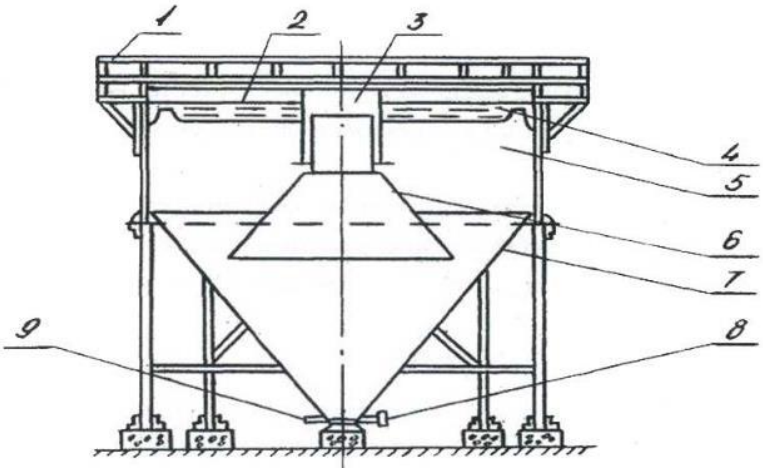


Рис. 6. Вертикальний відстійник

Осад накопичується в муловій частині 7 і через кожні 3-4 години випускається в проміжну ємність через патрубок 9 для подальшого машинного фракціонування.

Патрубок 8 служить для зворотного промивання мулової частини відстійника в разі ущільнення осаду. Установка також має складальний лоток 2 і майданчик з огорожею 1. Отриманий осад у вертикальних, горизонтальних і радіальних відстійниках має вологість, яка перевищує допустиму норму. Для зниження вологості осаду доводиться використовувати громіздкі мулові майданчики, що може призвести до забруднення навколишнього середовища.

У крохмалепаточній промисловості широко застосовуються центрифуги типу ЦЛС-100, ЦЛСК-200 (відцентрово-лопатеві сита), які за своєю конструкцією нагадують відцентровий насос. Фільтруючі центрифуги використовують відцентровий метод для розділення суспензій, їх відмінною особливістю є наявність перфорованого ротора.

Описувані центрифуги застосовуються для розділення крохмального молока від картопляної каші. Основним елементом таких центрифуг є лопатевий ротор (рис. 7). Ця конструкція являє собою два диски 1, між якими закріплені фільтруючі лопатки 2, які спираються опуклою стороною на збірники фугату 3. З увігнутої сторони лопатки притискаються ексцентриками 4.

Суспензія, яку потрібно центрифугувати, надходить через підвід 1, розташований у центральній частині ротора 2. Потім вона потрапляє на фільтруючі лопатки 3.

Рідка фаза разом із частинками крохмалю проходить через сітчасту поверхню лопаток у збірники, а потім через випускні вікна викидається в приймач фугату 4.

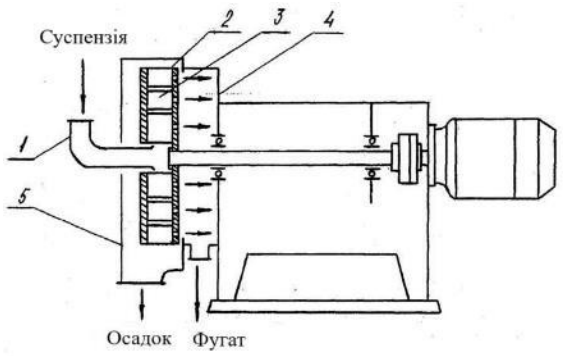


Рис. 7. Центрифуга ЦЛС-100

Грубодисперсна тверда фаза (мезга), утримувана сітчастою поверхнею, під дією відцентрових сил інерції викидається в кожух 5 . Однак, ці апарати мають недоліки, такі як висока енергоємність, металоємність і низький рівень вологовідділення, який становить всього до 88-90%.

Фільтруючі центрифуги з ножовим вивантаженням твердої фракції і зі шнековим вивантаженням осаду отримали широке поширення в сільському господарстві. Конструкція ВНІІМЖ і центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду є найбільш поширеними.

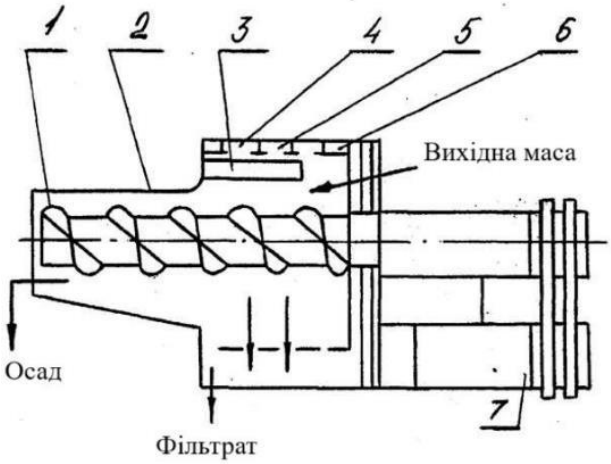


Рис. 8. Центрифуга конструкції ВНІІМЖ

Центрифуга конструкції ВНДІМЖ (рис. 8) складається з фільтруючого ротора 4, сита 5, лопатки 6, ножа 3, шнека 1, корпусу 2 і електроприводу 7. У процесі роботи центрифуги суспензія надходить через живильник на фільтрувальну поверхню обертового ротора і рухається до

нерухомого ножа. Рідка фракція під дією відцентрової сили і вакууму, що створюється лопатками всередині кожуха, проходить через отвори сита і викидається з кожуха тими ж лопатками.

Шнек знімає тверду фракцію, що залишилася на сітці, і додатково зневоднює її пресуванням в перфорованому корпусі. Потім тверда фракція виводиться з центрифуги шнеком для подальшої обробки.

За технічними характеристиками пропускна здатність центрифуги становить 40- 80 м3/год, а ефект розділення досить високий. Однак досвід експлуатації фільтрувальних центрифуг ВНІІМЖ показує, що вони не можуть достатньо знизити вологість отриманого осаду, тому потрібне додаткове зневоднення.

Робота установок характеризується забиванням пор фільтрувальної перегородки, швидким зносом ножа зняття осаду і фільтрувальної перегородки. Крім того, вони енергоємні, процес розділення неефективний, а фільтрат сильно забруднений.

Французький Національний випробувально-дослідний центр з впровадження сільськогосподарського машинного обладнання запропонував використовувати нескінченний гравітаційний автоматизований фільтр під назвою «Сафіте» (рис. 9). На установці фільтруюча стрічка 1 пропускає вологу масу, яка просувається між віджимними валиками 3. Рідка фракція проходить через стрічку і зливається в ємність 2. Тверда фракція, віджата валиками, проходить через них і обсипається під апаратом, де її можна зберігати або використовувати.

Продуктивність стрічкового фільтра «Сафіте» невисока і становить 4-6 м^3/год, при цьому вона залежить від вологості вихідного матеріалу.

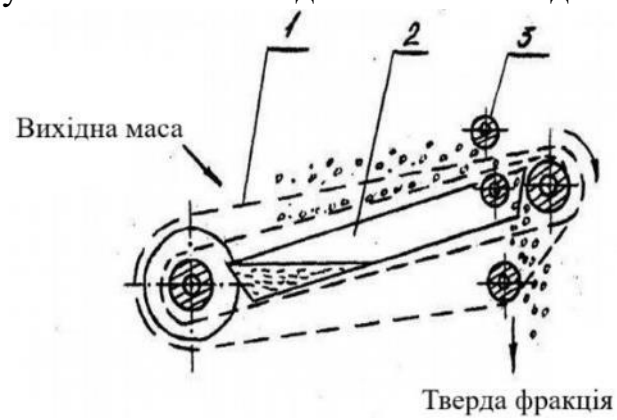


Рис. 9. Схема гравітаційного фільтра «Сафіте»

У Польщі для розділення суспензій на тверду і рідку фракції використовують фільтр-сепаратор «Бауер», який застосовується в целюлозній, хімічній і пивоварній промисловості. Він відрізняється простою конструкцією, відсутністю рухомих елементів і низькою вартістю.

Продуктивність фільтра- сепаратора становить 30-40 м^3/год, але недоліком є висока вологість відокремленої твердої фракції.

Список використаних джерел

1. Домарецький, В. А. Стан і перспективи розвитку пивоварної промисловості України. Харчова наука і технологія. 2010. № 3 (12). С. 7–9.

2. Олабоді О. В. Пивоварна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід. Київ : Нац. ун-т харч. технол. 2019. 136 с.

3. Ляшенко М., Проценко Л., Рудик Р., Мелетьєв А. Модельні міні-пивоварні. Харчова і переробна промисловість. 2003. № 4 (284). С. 8–9.

УДК 631.171

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГАСНИКІВ ШВИДКОСТІ АЕРОСУМІШІ ПНЕВМАТИЧНИХ СІВАЛОК

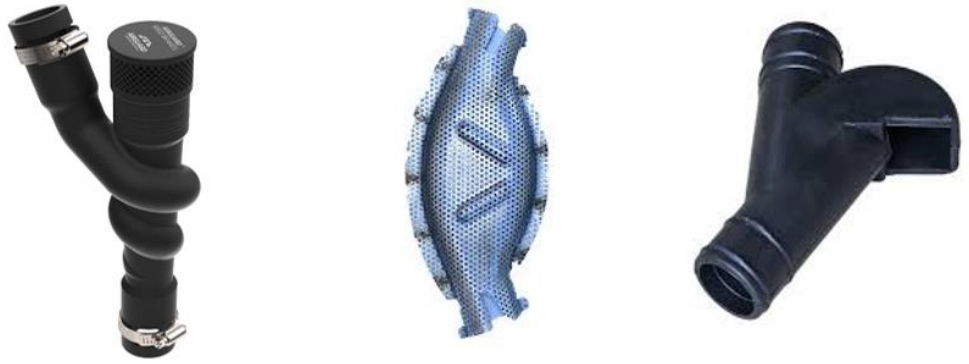
Адамчук В.В., Вольський В.А., Іванов Б.О.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

У конструкціях посівних комплексів та широкозахватних сівалок використовують централізовані технологічні місткості, ширина яких в декілька разів менша від робочої ширини захвату. Тому створення посівних комплексів і широкозахватних сівалок, обладнаних централізованою технологічною місткістю, передбачає наявність в їх конструкції розподільчих систем для подачі насіння і туків від централізованої технологічної місткості до сошників, установлених вздовж ширини захвату з певним кроком. В сучасних широкозахватних технічних засобах для сівби сільськогосподарських культур найбільш широке розповсюдження отримали розподільчі системи пневматичного типу, які транспортують насіння (та туки) у вигляді аеросуміші.

Суттєвим недоліком пневматичних розподільчих систем є те, що аеросуміш подається в підсошниковий простір зі швидкістю біля 25 м/с, що призводить до відбивання насіння (та туків) від посівного ложе і виносу їх частини у верхній горизонт ґрунту або на його поверхню потоком повітря, що виходить з підсошникового простору в атмосферу. Як показує досвід провідних світових виробників техніки для сівби сільськогосподарських культур, усунути цей недолік можна шляхом зменшення швидкості аеросуміші, яка надходить у сошник.

На ринку України техніка для сівби сільськогосподарських культур, обладнана такими системами, відсутня, вона обмежено представлена на

ринках США та країн Європи фірмами Airguard, Needham та Moore (рис. 1.). Їх гасники швидкості аеросуміші (ГША) відрізняються між собою за конструктивними ознаками.



а) б) в)

Рис. 1. Гасники швидкості аеросуміші різних виробників:
а) AIRGUARD 7330; б) Needham; в) Moore

Таблиця 1

Технічні характеристики гасників швидкості аеросуміші

Марка ГША	Матеріал виконання	Маса, г	Назва твердих частинок аеросуміші	Посівні комплекси на яких застосовується ГША	Наявність перехід-ників
AIRGUARD 7330	Пластик	300	Насіння діаметром менше ніж 3/8 дюйма (9,5 мм)	Case IH, John Deere, New Holland та інші сівалки американського виробництва	Так
AIRGUARD 7340	Пластик	420	Будь-яке насіння	Case IH, John Deere, New Holland та інші сівалки американського виробництва	Так
AIRGUARD 7360	Нержавіюча сталь	540	Будь-яке насіння та добрива	Case IH, John Deere, New Holland та інші сівалки американського виробництва	Так
Needham	Перфоро-вана нержавіюча сталь	-	Будь-яке насіння та добрива	Case IH, John Deere, New Holland та інші сівалки американського виробництва	Так
Moore	Пластик	-	Будь-яке насіння та добрива	Horsch, Kuhn, Kverneland, Moore	Ні

Згідно з дослідженням Prairie Agricultural Machinery Institute (PAMI) (Канада) результат при висіві 50 насінин ріпаку сівалкою з анкерними

сошниками на 57% більше насінин знаходиться в межах 5 мм із застосуванням гасника швидкості аеросуміші AIRGUARD.

Висновок. Застосування гасників швидкості аеросуміші забезпечує кращу розкладку насіння, запобігає відскоку насіння або частинок мінерального добрива на поверхню ґрунту також запобігає пошкодженню насіннєвого матеріалу під час сівби.

Актуальним завданням є впровадження цих рішень у вітчизняну техніку з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Список використаних джерел

1. RedE AG. URL: https://rede-ag.com/ru/product/airguard-stainless-steel-seed-brake/# (дата звернення 21.07.2025)

2. Airguard Inc. URL: https://www.airguardproducts.com/ products/ Seed-Brakes?page=1 (дата звернення 21.07.2025)

3. Needham Ag Technologies, LLC. URL:https://www.needhamag.com/ innovative_product_sales/Stainless_Steel_Seed_Brakes.php (дата звернення 21.07.2025)

4. Agri-Link. URL: https://www.agri-linc.com/rubber-seed-drill-exhaust-vent-to-suit-horsch-kuhn-kverneland-moore-weaving.html (дата звернення 21.07.2025)

5. Maki R., McDonald J. Test Summary Report. The Effects on Soybean Placement Using a Seed brake on an air Seeder Disc Drill Opener. 2018. URL: https://3725018.app.netsuite.com/core/media/media.nl?id=35767&c=3725018&h=S6F2r5MSYA8zMM18d0iTWQSiVtYPtSX1u2y7lwfdLkWuqWrc&_xt=.pdf&fcts=20191024082156&whence= (дата звернення 21.07.2025)

УДК 631.363:633.31

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТИ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШАРІ НАСІННЄВОЇ МАСИ ЛЮЦЕРНИ

Замрій М.А.
Вінницький національний аграрний університет

Для отримання математичної емпіричної моделі, яка описує функціональну зміну втрат тиску ΔP (Па) повітря під час сушіння насіннєвої маси люцерни без відокремлення листостебельної маси було застосовано методику планування трифакторних експериментів на трьох рівнях варіювання факторами з трикратною повторністю кожного експерименту [1]. Найменування факторів і їх рівні варіювання під час реалізації експериментальних досліджень з визначення функціональної зміни втрат тиску ΔP (Па) повітря наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вхідні фактори та рівні їх варіювання

Найменування фактора	Інтервал варіювання	Рівні варіювання факторами		
		Нижній (-1)	Нульовий (0)	Верхній (+1)
Висота шару $H_ш$, м	0,6	0,3	0,9	1,5
Швидкість повітря $v_п$, м/с	0,5	0,2	0,7	1,2
Коефіцієнт пористості $m_{с.п.}$	0,05	0,56	0,61	0,66

За результатами реалізації експериментів як функції $\Delta P = f(H_ш; \vartheta_п; m_{с.п})$ згідно з нумерованим порядком рандомізованої план-матриці отримано експериментальний масив даних втрат тиску ΔP (Па) повітря під час сушіння насіннєвої маси люцерни.

За результатами статистичної обробки отриманого експериментального масиву даних втрат тиску ΔP (Па) повітря під час сушіння насіннєвої маси люцерни та аналізу отриманих статистичних показників встановлено, що найбільше значення коефіцієнта чисельної детермінації D = 0,986 за рівня його вірогідності P = 1,000 відповідає апроксимуючій математичній моделі у вигляді повного полінома другої степені за рівня достовірності 0,95, яку записано у вигляді

$$\Delta P = b_0 + b_1 H_ш + b_2 \vartheta_п + b_3 m_{с.п} + b_{12} H_ш \vartheta_п + \\ + b_{13} H_ш m_{с.п} + b_{23} \vartheta_п m_{с.п} + b_{11} H_ш^2 + b_{22} \vartheta_п^2 + b_{33} m_{с.п}^2, \quad (1)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33} – вільний член і коефіцієнти рівняння відповідних факторів і їх взаємодії.

Після підтвердження адекватності емпіричної моделі (1) за F-критерієм Фішера, розрахункове значення якого дорівнює F-критерій = 135,785, отримано математичну модель (рівняння регресії) у натуральних факторах, яка описує функціональний характер зміни втрат тиску ΔP повітря під час сушіння насіннєвої маси люцерни

$$\Delta P = 93{,}7 - 12{,}6 H_ш - 15{,}3 \vartheta_п - 305{,}8 m_{с.п} + \\ + 1{,}7 H_ш \vartheta_п + 20{,}8 H_ш m_{с.п} + 26{,}0 \vartheta_п m_{с.п} + 251{,}3 m_{с.п}^2. \quad (2)$$

На основі аналізу побудованих поверхонь відгуку (рис. 1) функціональної зміни втрати тиску ΔP повітря під час сушіння насіннєвої маси люцерни встановлено:

Результати досліджень показали, що вирішальний вплив на величину втрат тиску чинить газопроникність шару і швидкість потоку, що проходить звивистими каналами. Так, наприклад, для насіння люцерни за швидкості потоку в шарі, що змінюється в межах від 0,25 до 0,5 м/с, втрати тиску

збільшуються з 1650 до 4500 Па, тобто в 2,7 раза. Для конюшинової полови, що укладається на сушіння без підпресування (об'ємна маса шару 150...160 кг/м), для тих самих значень: швидкостей повітряного потоку втрати тиску збільшуються з 620 до 1450 Па, тобто в 2,3 раза.

Другим за значенням фактором, що впливає на опір шару, є пористість: при швидкості руху повітря 0,2 м/с зі зменшенням коефіцієнта пористості від 0,65...0,67 до 0,56...0,67, співвтрати тиску в шарі можуть виявитися вищими, ніж у шарі чистого насіння.

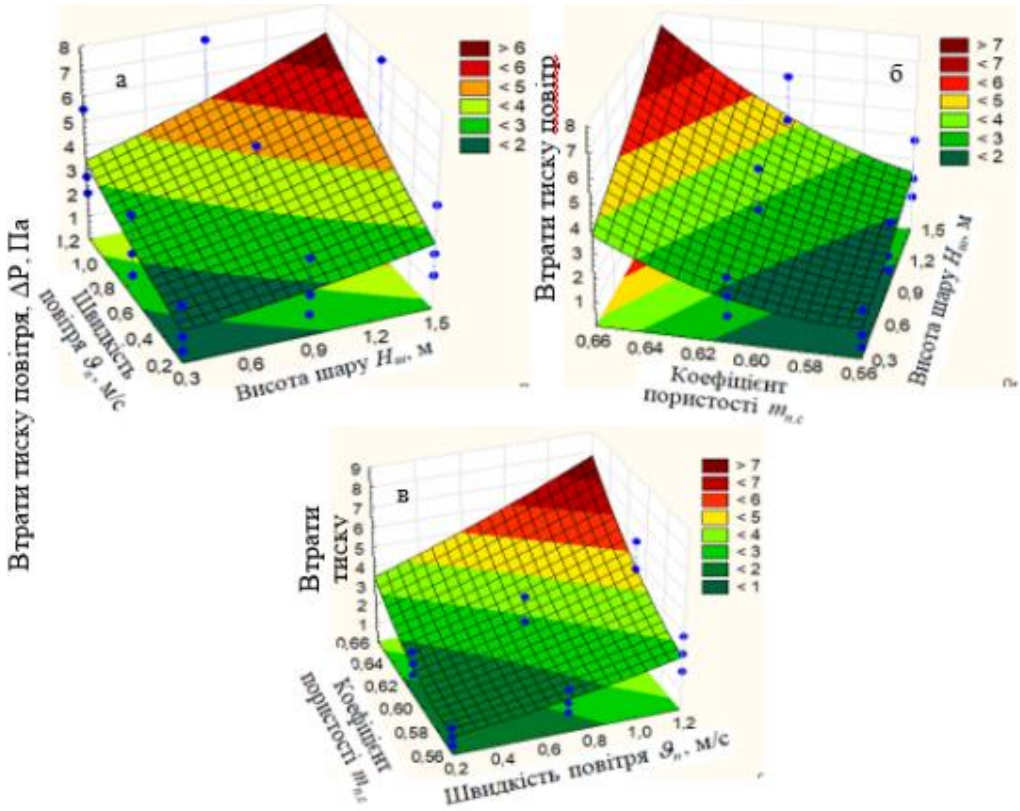


Рис. 1. Поверхня відгуку функціональної зміни втрати тиску ΔP повітря під час сушіння насіннєвої маси люцерни залежно від зміни висоти $H_ш$, швидкості повітря та коефіцієнта пористості $m_{c.n.}$ пожнивної суміші насінників люцерни як функція: а – $\Delta P = f(H_ш;\ v_n)$; б – $\Delta P = f(H_ш;\ m_{c.n.})$; в – $\Delta P = f(v_n;\ m_{c.n})$

Так, за швидкості повітряного потоку 0,2 м/с втрати тиску в шарі конюшинової полови становлять 750 Па, у той час як для шару насіння 1200 Па. Отже, під час обґрунтування технологічної схеми та вибору конструкції сушильних установок необхідно прагнути до того, щоб процес сушіння проходив без істотного підпресовування насіннєвої маси.

Список використаних джерел

1. Солона О.В., Замрій М.А. Дослідження процесу сушіння насінників трав. Вібрації в техніці та технологіях. 2022. № 3 (106). С. 78–87.

2. Твердохліб І.В. Підвищення ефективності збирання насінників трав. Вісник машинобудування та транспорту. 2017. №2 (6). С. 158-163.

3. Tverdokhlib I.V., Spirin A.V. Theoretical studies on the working capacity of disk devices for grinding agricultural crop seeds Inmateh. Agricultural Engineering. 2016. Vol. 48. No.1 P. 43–52.

4. Спірін А.В., Твердохліб І.В., Замрій М.А. Визначення режиму функціонування відцентрово-гравітаційного сепаратора теркового пристрою. Вібрації в техніці та технологіях. 2021. №3 (102). С.64-71.

УДК 631.354.2

АНАЛІЗ РОБОТИ ВЕНТИЛЯТОРІВ ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Побідаш А.А., Мартишко В.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Згідно агротехнічних вимог висуваються високі вимоги до очищення зерна комбайнами, що надходить після обмолоту: чистота бункерного зерна не менше 98 %, а подрібненого не більше 1 %. Отримання чистого зерна від комбайна, яке не потребує додаткового очищення, – одна з вимог до сучасних високопродуктивних комбайнів. Тому оптимізації систем очищення нових комбайнів приділяється особлива увага.

У конструкції систем очищення зерна сучасних комбайнів класичної, роторної та гібридних схем використовують стрясну дошку або блок шнеків для транспортування дрібного вороху та вітрорешітна очистка з регульованими жалюзійними решітками. Повітряний потік, що створюється вентиляторами в нових конструкціях очисток, розділяється на два окремі потоки: один обдуває зону попередньої очистки, інший – верхнє і нижнє решета.

Вентилятор системи очищення зернозбирального комбайна призначений для видаленням легких домішок повітряним потоком з дрібного вороху, що надходить на решета очищення. При цьому повітряний потік виконує дві задачі: розпушує оброблюваний на решетах ворох (чим полегшує прохід зерна через решета) і відокремлює легкі домішки, що мають велику парусність [2].

Вентилятор очищення вітчизняних комбайнів являє собою багато лопатевий крилач, частота обертання якого регулюється за допомогою спеціального клиноремінного варіатора в межах 450–1200 об./хв.

Метою роботи є аналіз основних параметрів існуючих вентиляторів в очисних системах зернозбиральних комбайнів.

Аналіз останніх досліджень Інтенсифікація процесу виділення зерна і підвищення ефективності очищення досягається додатковою дією на зерновий ворох повітряного по току, що створюється вентилятором. Але внаслідок мінливості умов збирання, складності розділення зерна і домішок провідні виробники застосовують у схемах машин удосконалені системи очищення на основі базової – повітряно-решітної.

Серед основних конструктивних ознак систем очищення зернозбиральних комбайнів можна назвати: використання транспортної дошки (однієї чи кількох) або шнекових подавальних при строїв; система очищення з подовжувачем або без подовжувача верхнього та нижнього решіт та вентиляторів різних конструктивних виконань; з можливістю або без можливості регулювання швидкості повітряного потоку вентилятором; з пристроями для вирівнювання решіт або без їх застосування; із використанням різних типів і комбінацій очисних решіт тощо.

Вентилятори відцентрового типу створюють повітряний потік в якому швидкість при обдування решіт нерівномірна по всій ширини решіт (більша у центрі і менша на краях).

При дотриманні зазначених умов очищення забезпечує чистоту бункерного зерна в межах 98-99% при втратах 0.2–0,3%.

Найкращу рівномірність повітряного потоку забезпечують діаметральні вентилятори. Вони мають робоче колесо з великою кількістю криволінійних, загнутих убік обертання, лопатей, що захоплюють повітря в межах радіального вікна й проштовхують його в центральну порожнисту частину. Під дією підпору та відцентрових сил повітря витісняється на периферію колеса й удруге потрапляє на його лопаті з діаметрально протилежного боку. Унаслідок двократного впливу лопатей на повітряний потік він набуває вищої та рівномірної швидкості у вихідному каналі порівняно з радіальними вентиляторами. Діаметральні вентилятори за габаритами менші за радіальні, але більш енергоємні. Найчастіше їх використовують на комбайнах аксіально-роторного типу («Challenger 660», «MF 9000», «Case 2388»). Дещо рідше – на комбайнах із поперечно-потоковою молотаркою («MF 3640/5650», «Deutz-Fahr 5650/5690»).

Для покращення якості очищення зернового вороху при роботі комбайна використовують удосконалені вентилятори відцентрового типу, шляхом створення рівномірного повітряного потоку по всі ширині решітного стану зернозбирального комбайна

У системі очищення зернозбирального комбайна використовується двосекційний відцентровий вентилятор з осьовим забором повітря. Інтенсифікація процесу виділення зерна і підвищення ефективності очищення досягається додатковою дією на зернову суміш рівномірного повітряного потоку із вентилятором. Повітря нагнітається злів і справа осьовими вентиляторами. Потоки повітря рухаються напроти один до

одного, при цьому всередині кожуха вентилятора створюється рівномірний тиск повітря. На виході вентилятора швидкість повітря рівномірне по всій його ширині, що дає можливість дотримуватись стабільного повітряного потоку на решеті.

Висновки. Повітряний потік діаметрального вентилятора по ширині і висоті вихідного каналу більш рівномірний в порівнянні з класичним відцентровим вентилятором, що створює умови покращення інтенсивності сепарації і покращення чистоти бункерного зерна в межах 95–98%

Список використаних джерел

1. Тишаніном Ю.В. Дослідження процесу сепарації зерна в повітряному потоці / Ю.В. Тишаніном, В.П. Ковбаса // Науковий вісник НУБіП України. – 2017. – Вип. 258. – С. 346-354.

2. Мельник В.І. Пневмосепаруючі системи сільськогосподарських машин / В.І. Мельник, С.О. Харченко. – Харків: ХНТУСГ, 2018. – 284 с.

3. Ольшанський В.П. та інш. Теорія сепарування зерна. – Харків: ХНТУСГ, 2017 – 803 с.

УДК 631.313

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА З ПЛОСКОРІЗНОЮ ЛАПОЮ

Вольський В.А., Коцюбанський Р.В., Польовий Б.П.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Дискові ґрунтообробні знаряддя, які широко використовують для обробітку ґрунту, мають ряд технологічних недоліків. До них віднесено утворення гребнистостої поверхні дна борозни та повздовжню нестійкість агрегату від діагонального розміщення секцій. Обґрунтування робочих процесів дискового обробітку, спрямованих на покращення показників обертання скиби, є актуальною науково-прикладною задачею. Вирішення зазначеної задачі здійснено завдяки розробленню конструкцій відповідних робочих органів, які забезпечать достатню якість обробітку ґрунту за основними агротехнологічними показниками.

Відзначено обмеженість наукових досліджень щодо створення додаткових робочих органів дискових знарядь для обробітку підґрунтових гребенів [1—3]. Зазначені робочі органи зменшують фіксовану глибину обробітку і створюють умови для додаткового заглиблення дисків.

Мета роботи - підвищення ефективності грунтообробних операцій завдяки визначенню рівня поперечної стабілізації дискового робочого органу з підрізною лапою.

Для підвищення ефективності роботи дискових знарядь в Інституті механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України проведено дослідження рівня поперечної стабілізації дискових робочих органів із плоскорізною лапою.

Аналізом систем та пристроїв поперечної стабілізації ґрунтообробної техніки відзначено два напрями їх виконання – симетричне розміщення секцій та встановлення додаткових робочих органів-стабілізаторів.

В горизонтальній площині за умов кутового розміщення диску виникають реакції ґрунту в повздовжньому напрямку $R_{д.}$, поперечному – $R_{д.п.}$, результуюча $R_{д.р.}$ сила тиску на диск (рис. 1).

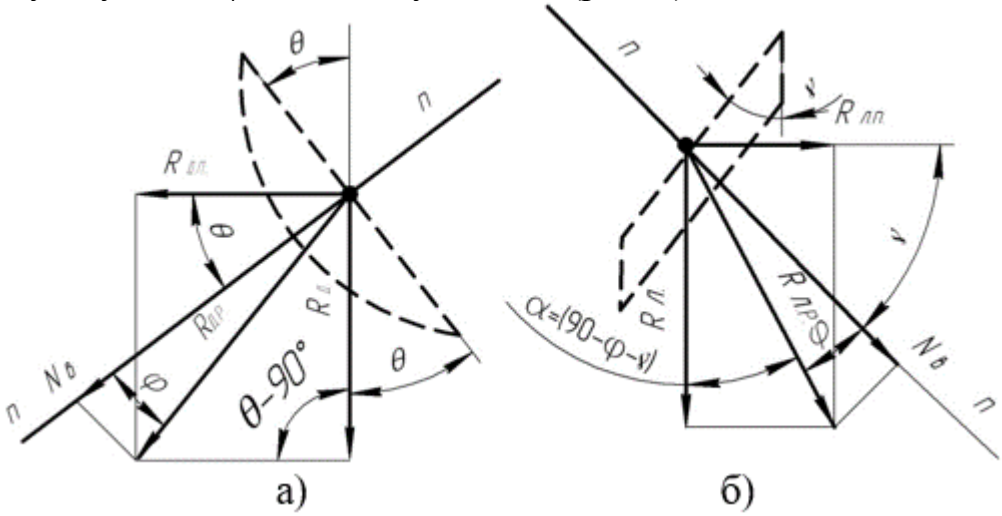


Рис. 1. Схема сил, що діють на: а) диск; б) підрізну лапу.

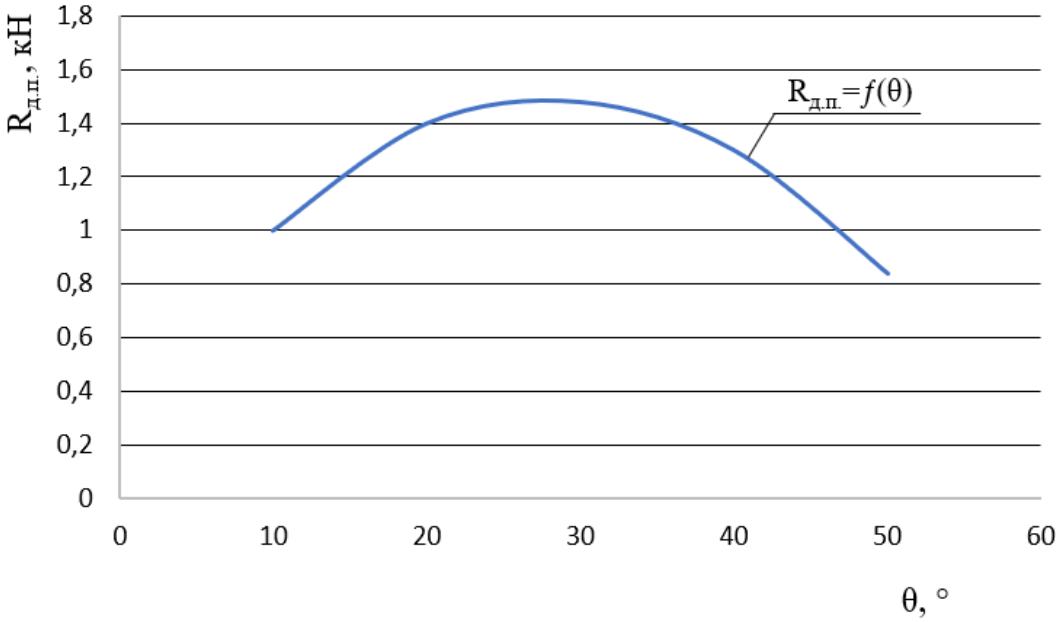


Рис. 2. Залежність поперечної сили реакції ґрунту на диск від кута атаки θ, при: D = 0,66 м; B = 0,25 м; θ = 30°; $K_{пит}$ = 7,0 кН/м

В результаті дії поперечної сили на диск порушується стабільність ходу в поздовжньо-поперечній площині.

Поперечну силу реакції ґрунту на диск визначено як

$$R_{\text{д.п.}} = R_{\text{д.р.}} \cdot cos(\theta + \varphi) \quad (1)$$

де $R_{д.р.}$ – результуюча сила реакції ґрунту на диск;

φ - кут тертя ґрунту,

θ - кут між напрямом руху і площиною обертання диску (кут атаки).

Поперечна сила реакції ґрунту на лапу

$$R_{\text{л.п.}} = R_{\text{л.р.}} \cdot \cos(\gamma + \varphi) \quad (2)$$

де $R_{л.р.}$ – результуюча сила реакції ґрунту на лапу;

γ - кут між напрямом руху і відхиленням крила лапи (кут розхилу).

У зв'язку з тим, що її напрям протилежний поперечній силі реакції ґрунту на диск, забезпечують поперечну стабілізацію.

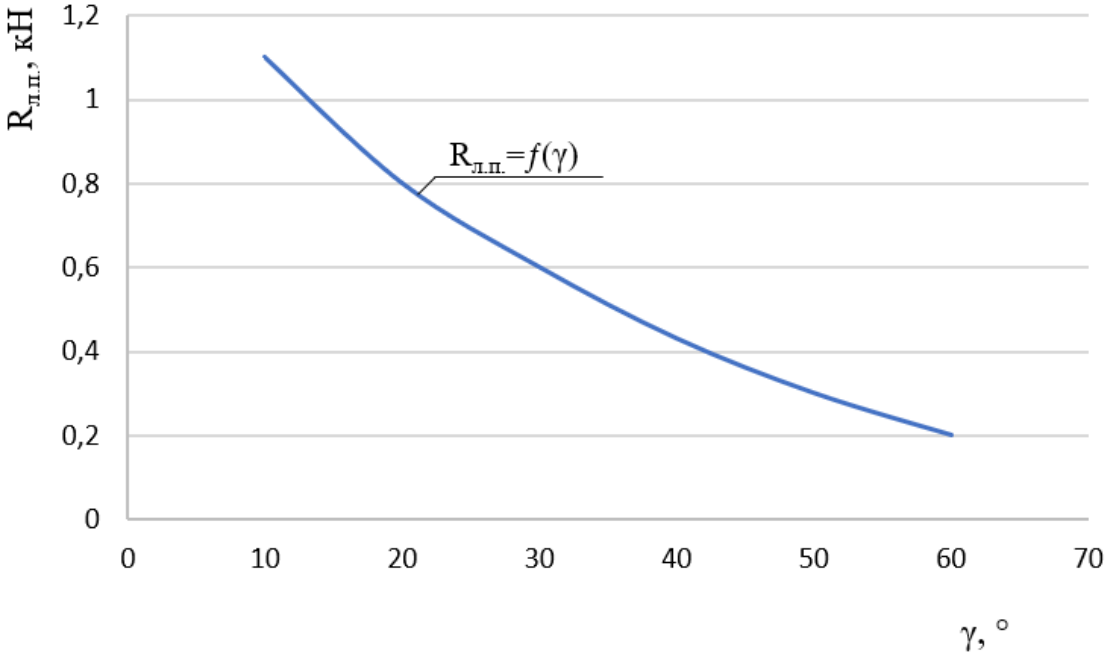


Рис. 3. Залежність поперечної сили реакції ґрунту на лапу від кута розхилу γ , при: D = 0,66 м; a_x = 0,25 м; φ = 26°; $K_{пит}$ = 7,0 кН/м

Висновки. Теоретичними дослідженнями відзначено, що кутове розміщення підрізної лапи до диску забезпечує стабілізуючу вигоду в поперечній площині. Подальшими дослідженнями заплановано визначити співвідношення геометричних розмірів дисків, відстані між ними на секції, а також показники якості та енергетичної ефективності.

Список використаних джерел

1. Бендера І.М., Польовий Б.П., Аморциту О.В. Стабільність ходу односекційних дискових плугів / Науковий вісник Луганського національного аграрного . Серія: Технічні науки. - Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2011. - №29. С. 94 – 105.

2. Bulgakov V., Volskiy V., Pascuzzi S., Ivanovs S. Experimental investigations in draft resistance of spherical working tool of disk harrow / Engineering for rural development. 18-th International Scientific Conference. Proceedings - Volume 18 – Jelgava, 2019. – С. 144-152.

3. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Нора-принт, 1999. – 280 с.

4. Польовий Б.П., Бендера І.М., Вольський В.А., Папченко О.В., Романенко М.П. Спосіб обробітку ґрунту / Патент України на корисну модель МПК А01В 7/00, (2013.01) / ННЦ «ІМЕСГ» НААН (Україна). № 78971; заявл. 29.08.2012, опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7.

УДК 631.816.33

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ ТА ПАРАМЕТРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС РОЗПОДІЛУ ЧАСТОК ПО ШИРИНІ ЗАХВАТУ РОБОЧОГО ОРГАНА

Москальченко Р.В., Жук Д.Г., Дейкун В.А.
Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Розподіл часток матеріалу, що розсівається на поверхні грунту в підлаповому просторі, після їх відбиття від поверхні розподільного пристрою, в значній мірі залежить від ряду значимих факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Внутрішньоґрунтовий спосіб внесення добрив дозволяє більш раціонально використовувати задані дози мінеральних добрив, що знижує загальні витрати на виробництво продукції рослинництва, а суцільний посів, в свою чергу, дозволяє створити висіяним насінинам кращі умови для проростання та розвитку за рахунок створення зони індивідуального живлення. Застосування таких технологій стримується відсутністю відповідного технічного забезпечення. Тому обґрунтування параметрів комбінованого робочого органа для внутрішньоґрунтового внесення мінеральних добрив чи сівби є актуальною науково-практичною задачею.

Мета. Для підвищення рівномірності розподілу часток по площі в підлаповому просторі стрілчатої лапи на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету розроблено лабораторне обладнання для встановлення впливових факторів та дослідження режимів і параметрів дослідного зразка запропонованого комбінованого знаряддя.

Результати досліджень. Для встановлення характеру впливу

швидкості $V_{пад}$ часток на виході з напрямника, висоти розташування розподільника над поверхнею нижнього обрізу лапи h, кута нахилу ребра призми φ та кута між її гранями Θ на дальність поперечного польоту l_n^n основної маси часток та рівномірність їх розподілу по конструктивній ширині захвату робочого органа використовували спеціальне лабораторне обладнання (рис. 1).

До його складу входить: штатив 1, дозуючий елемент (котушковий висівний апарат) 2, напрямник 3 для забезпечення транспортування часток до точки їх сходу, культиваторна лапа 4 зі стояком 5 та закріпленим на ньому розподільником 6. На площині нижнього обрізу лапи розміщується протвень 7 з вісьмома секторами шириною 4 см.

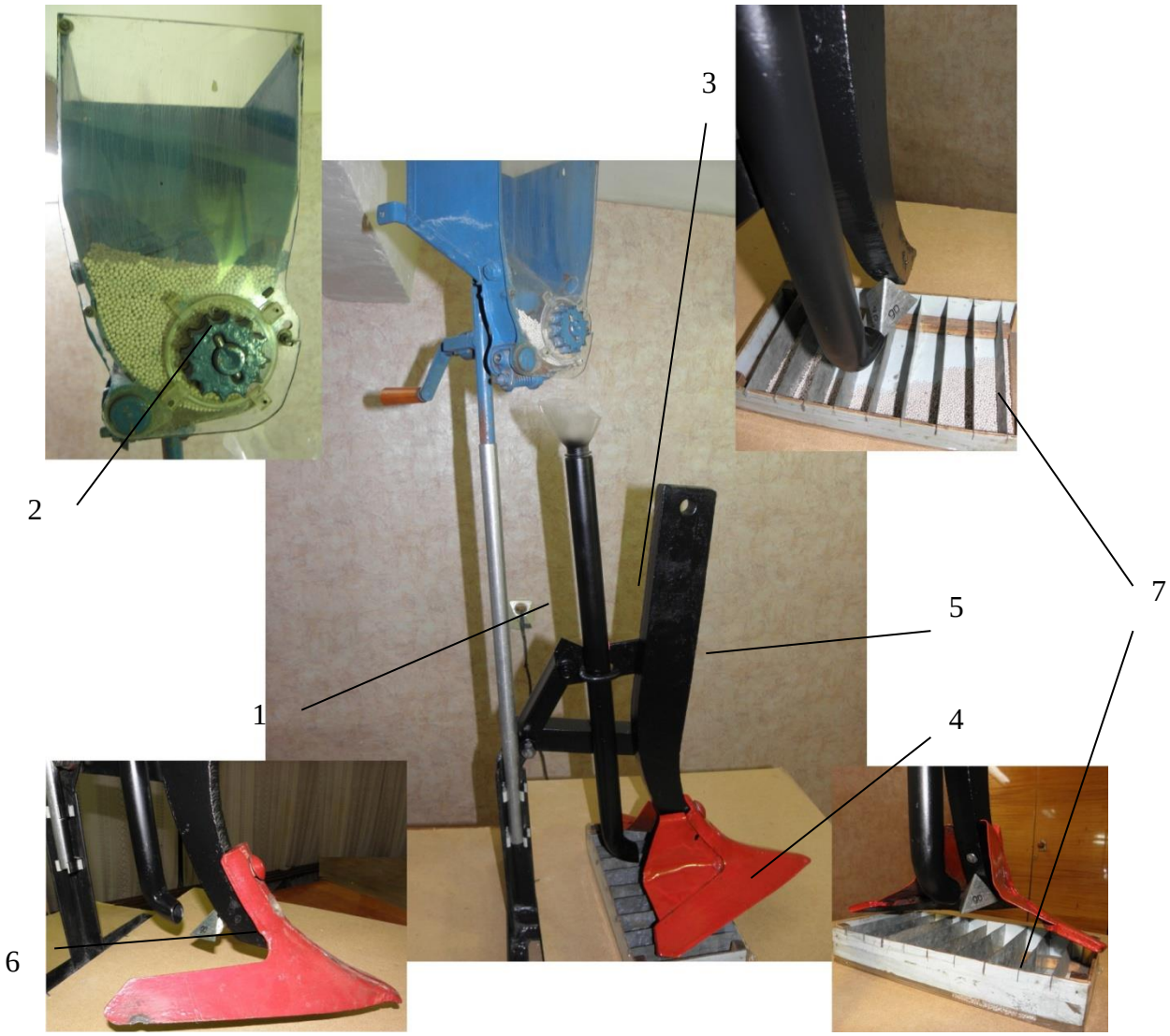


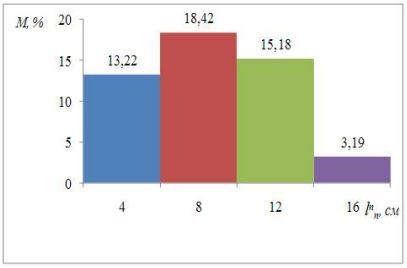
Рис. 1. Лабораторне обладнання для дослідження процесу розподілу часток по конструктивній ширині захвату робочого органа.

Дослідження проводили відповідно до методики планування експерименту. Досліди проводились з використанням гранульованого

суперфосфату. Послідовність виконання була наступною. В бункер з дозуючим елементом засипалася порція гранульованих добрив. Після приведення в дію котушки висівного апарату гранули добрив проходили шлях: напрямник, розподільник і потрапляли в протвень (рис. 2). Після цього добрива, які потрапляли в різні сектори протвеня, зважувалися окремо і результати заносилися в журнал.

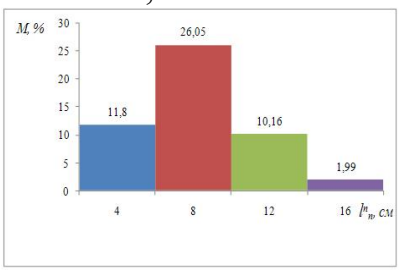
Рис. 2. Розподіл добрив по секторах протвеня.

V =1,5 м/с; φ =34,1°; Θ =75°; h =0,05м



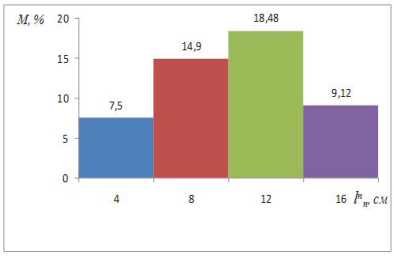
а

V= 1,5 м/с; φ =65°; Θ = 23,6°; h = ,05м



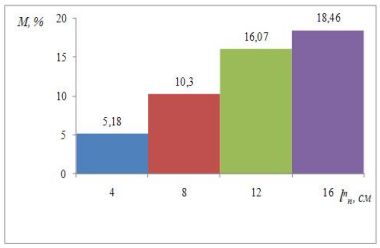
б

V =1,5 м/с; φ =65°; Θ =75°; h =0,05 м



в

V =1,5 м/с; φ =80°; Θ =100°; h =0,05 м



г

Рис. 3. Варіанти розподілу часток по ширині захвату робочого органа відносно його осі при різних значеннях впливових факторів.

Згідно з обраною гіпотезою забезпечення рівномірності розподілу часток по ширині захвату робочого органа на даному етапі експериментальних досліджень інтерес представляли два проміжних параметри – дальність поперечного польоту часток l_n^n та концентрація основної їх маси M на даній відстані від осі робочого органа. Реалізація матриці центрального композиційного плану 2^4 + зіркові точки дозволила встановити вплив

основних факторів – швидкості польоту часток на виході з напрямника $V_{пад.}$, кута нахилу ребра призми розподільника відносно горизонтальної площини $\varphi°$, кута між гранями призми $\Theta°$, висоти поверхні відбивання відносно дна борозни h,) на критерії оптимізації.

Необхідно зазначити, що вибрана схема подачі добрив у підлаповий простір та конструкція розподільника не дозволяють сформувати максимальну концентрацію матеріалу по центру робочого органа (рис. 3). Даний факт є більш позитивом ніж недоліком при підтвердженні правильності обраної гіпотези забезпечення заданої рівномірності розподілу добрив у ґрунті по ширині захвату робочого органа.

Вплив окремих факторів на критерій оптимізації має одну характерну особливість – наявність екстремуму. Дальність поперечного польоту часток l_n^n зростає до максимальних значень при швидкості на виході з напрямника 1,0…1,2 м/с, а потім поступово знижується, в той же час показник концентрації M при даних швидкостях є мінімальним.

Зниження дальності польоту часток зі збільшенням швидкості $V_{пад}$ пояснюється їх перерозподілом в результаті зіткнення з внутрішньою поверхнею ґрунтообробного робочого органа.

Максимальної дальності поперечного польоту часток l_n^n можна досягти при куті нахилу ребра призми розподільника відносно горизонту в межах 70…80°, показник концентрації часток в певній зоні підлапового простору M також є змінним – мінімальне його значення знаходиться при куті φ = 65…70°.

Значний вплив на дальність поперечного польоту основної маси гранул l_n^n має кут розхилу граней призми розподільника Θ. Так, показник l_n^n досягає максимуму при куті Θ =95…100º, а потім дещо знижується. При цьому концентрація добрив M також змінюється, і при $\Theta \approx 23°$ показник M є максимальним, при Θ =100° – мінімальним.

Висота розташування призми розподільника відносно дна борозни також суттєво впливає на дальність поперечного польоту l_n^n часток та їх концентрацію M. Так, дальність поперечного польоту досягає максимуму при h = 4,5…5,0 см, після чого знижується, а концентрація добрив при таких же значеннях h є мінімальною і зростає, досягаючи максимуму при h = 7,0 см.

В даному випадку, значення дальності поперечного польоту часток також пояснюється процесом перерозподілу в результаті контакту з тильною стороною робочого органа. Частки відбиваються від поверхні і спрямовуються на горизонтальну площину на відстані, меншій ніж вони можуть пролетіти при оптимальній траєкторії, яка проходить між внутрішньою поверхнею робочого органа та площиною його нижнього обрізу чи дном борозни.

Висновки. Аналіз отриманих залежностей дозволяє відмітити, що як

для дальності поперечного польоту часток в підлаповому просторі встановлюються критерії оптимізації: $Y_1(l_n^n)$ так і для показника концентрації та $Y_2(M)$, раціональні значення кута нахилу ребра призми розподільника відносно горизонтальної площини становить $x_2(\varphi)$=75…80º, при цьому кут між гранями призми (розподільника) $x_3(\Theta)$ становить 100º. Наведені показники попарного впливу підтверджуються отриманими при проведенні експериментів результатами.

Список використаних джерел

1. Dowell F.E. No-till drill design for atrazine treated soils / F.E. Dowell, J.B. Solie, T.F. Peeper // Trans. ASAE. St. Joseph, Mich. – 1986. – Vol. 29, X26. – P. 1554-1560.

2. Koolen A.J. Soil loosening processes in tillage. Analysis and predictability. Tillage Laboratory Agriculture University Wageningen, Netherlands, 1977.

3. Дейкун В.А. Аналіз дальності польоту часток мінеральних добрив у підлаповому просторі / В.А. Дейкун, В.М. Сало, В.В. Гончаров. Motrol // Motorizacja i energetyka rolnictwa, Lublin, 2012, Tom 14 A. – P. 177-179.

4. Дейкун В.А. Аналіз способів внесення мінеральних добрив / В.А. Дейкун, В.М. Сало, О.М. Васильковський // Наукові записки. – Вип. 5. – Кіровоград, КНТУ, 2004. – С. 12-15.

5. Дейкун В.А. Вплив конструктивних параметрів тукопровода на швидкість потоку гранул добрив / В.А. Дейкун, В.М. Сало, С.Я. Гончарова // Електронний збірник – К: Збірник праць НУБІП, 2012. – http://archive.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2012_7/12svm.pdf.

6. Дейкун, В. А. Визначення початкової швидкості руху часток добрив в місці їх виходу з туконапрямника / В.А. Дейкун // Розвиток наукових досліджень Матеріали восьмої міжнародної науково-практичної конференції. – Полтава: «ІнтерГрафіка», – 2012. – С. 30-33.

7. Дейкун, В. А. Обґрунтування параметрів робочого органа для внутрішньоґрунтового внесення мінеральних добрив: дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» [Текст] / В. А. Дейкун. – Кіровоград, 2013.

8. Ковбаса, В. П. Визначення умов розсіювання частинок мінеральних добрив у підлаповому просторі / В.П. Ковбаса, В.А. Дейкун. // Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – №12(2). – С. 180-188

9. Пат. 3724. Робочий орган для локального внесення мінеральних добрив / Дейкун В.А., Сало В.М., Васильковський О. М.; заявник і патентотримач Кіровоградський державний технічний університет. – №2004021299; заявл. 23.02.2004; опубл. 15.12.2004, Бюл. №12.

10. Робочий орган для локального внесення мінеральних добрив чи посіву. Пат. 129713 Україна, A01B 49/06 (2006.01) № u201804789 / Дейкун

В.А., Сало В.М., Лещенко С.М., Полюхович А.В. // заявл. 02.05.2018; 12.11.2018, бюл. №21/2018.

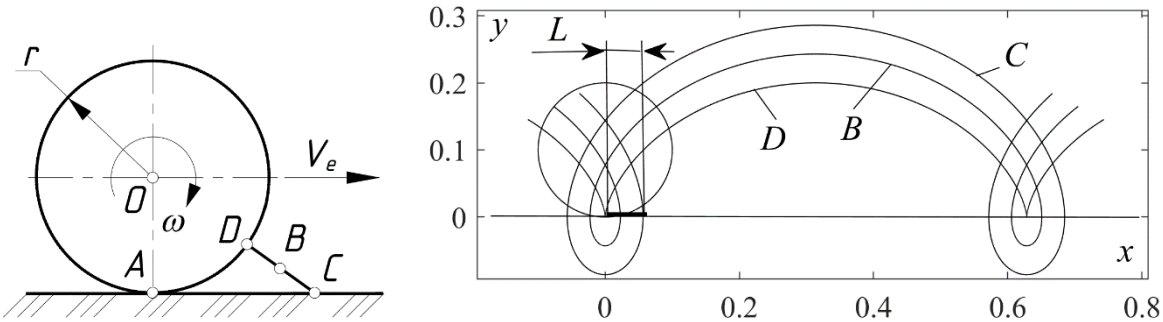
УДК 631.312:514.18

ҐРУНТООБРОБНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН БАРАБАННОГО ТИПУ

Пилипака С.Ф., Несвідомін А.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Робочий орган у вигляді криволінійної лопатки або зуба призначений для поверхневого обробітку ґрунту. Він жорстко прикріплюється до барабана, який перекочується по поверхні поля без ковзання. За такої умови криволінійна форма робочого органу повинна забезпечити його входження у ґрунт із мінімальним опором. Певною мірою таке занурення у ґрунт подібне до занурення лопати, коли вона ковзає вздовж самої себе.

На рис. 1,а зображена прямолінійна лопатка, жорстко прикріплена до барабана в радіальному напрямі. Така конструкція нагадує перші трактори з металевими колесами, до яких кріпили лопатки для кращого зчеплення із ґрунтом. Якщо барабан або колесо котяться по поверхні ґрунту без ковзання, то окремі точки *D, B, C* опишуть циклоїди, причому точки *B* і *C* – подовжені циклоїди.



а б

Рис. 1. Графічні ілюстрації до побудови траєкторій точок лопатки при коченні барабана без ковзання:

а) барабан із жорстко закріпленою до нього прямолінійною лопаткою в радіальному напрямі;

б) траєкторії руху окремих точок лопатки

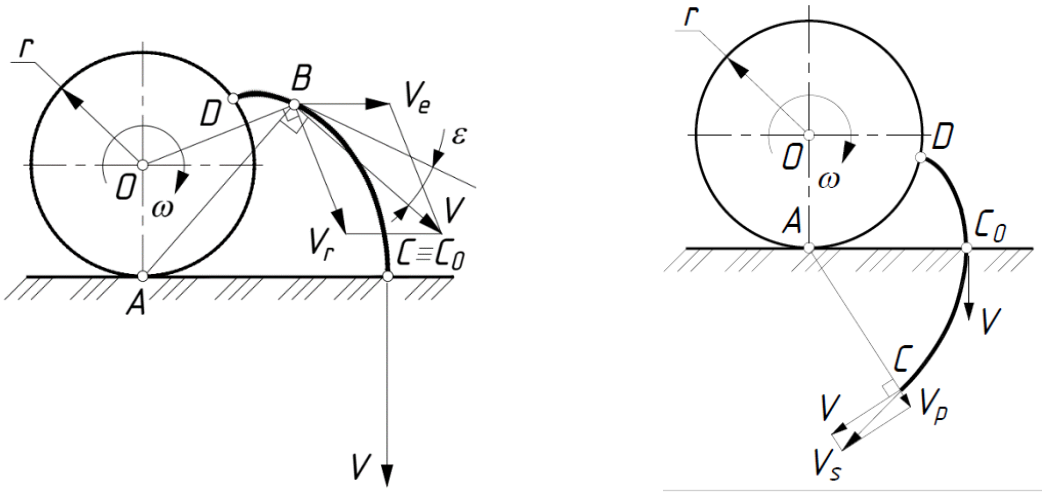
При зануренні лопатки у ґрунт відбувається його ущільнення і зминання, в зв’язку із чим на неї діють великі сили опору. Лопатку потрібно деформувати у криволінійну форму таким чином, щоб опір зануренню був мінімальний. Для цього була поставлена умова, щоб всі точки криволінійної

лопатки входили у ґрунт на його поверхні в одній і тій же точці. Враховуючи поступальне переміщення барабана внаслідок його кочення по поверхні ґрунту, було знайдено рівняння кривої (форми криволінійної лопатки) в полярних координатах $\varphi=\varphi(\rho)$:

$$\varphi = \mathrm{Arc}\cos\frac{r}{\rho} - \frac{1}{r}\sqrt{\rho^2 - r^2}\ , \qquad (1)$$

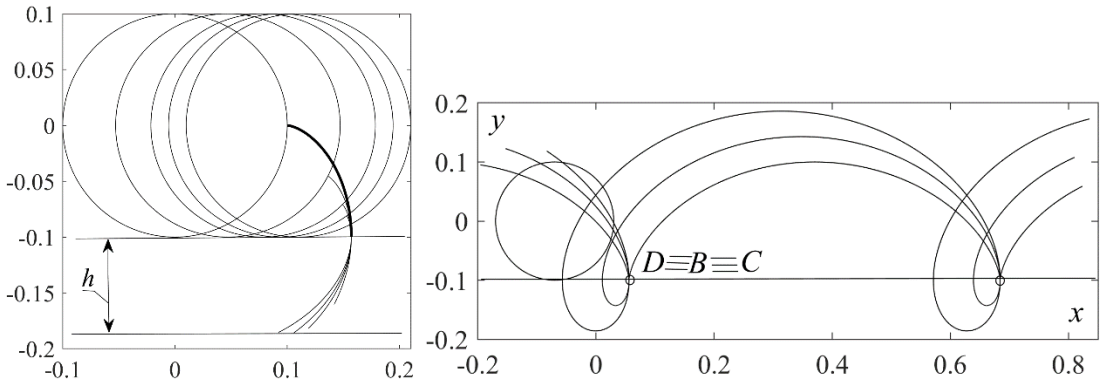
де r – радіус барабана.

При переході до параметричних рівнянь було з'ясовано, що крива (1) описує евольвенту кола радіуса r. Її властивістю є те, що вона всі дотичні прямі до кола радіуса r перетинає під прямим кутом. Завдяки цьому всі точки лопатки, зігнутої у формі евольвенти кола, входять у ґрунт на його поверхні в одній і тій же точці перпендикулярно до нього (рис. 2).



а б

Рис. 2. Початкове а) та проміжне б) положення лопатки при її зануренні у ґрунт



а б

Рис. 3. Графічні ілюстрації до руху криволінійної лопатки (евольвенти кола) при коченні барабана по поверхні поля без ковзання:

а) послідовне переміщення барабана і занурення лопатки в ґрунт;

б) траєкторії руху окремих точок лопатки

Були знайдені аналітичні залежності окремих положень криволінійної лопатки при її зануренні у ґрунт та траєкторії її окремих точок (рис. 3).

Із рис. 3,а видно, що по мірі занурення у ґрунт лопатка починає його зминати і ущільнювати, оскільки множина положень лопатки не збігається із кривою, а займає певну площу. За величиною цієї площі можна судити про зминання і ущільнення ґрунту, і, відповідно, про опір зануренню лопатки

Секція
Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для тваринництва

УДК 631.333:631.172

ДО ПИТАННЯ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПІДБИРАЧА-ЗМІШУВАЧА БІОМАСИ ДЛЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ В УМОВАХ МАЛИХ ФЕРМ

Кувачов В.П., Інува С.А., Дружич В.М., Шевченко С.О., Зеленов К.О.
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

Впровадження ефективних систем удобрення є одним із вирішальних чинників збільшення виробництва продовольства та підвищення родючості ґрунтів. Традиційно, найбільш поширеним органічним добривом є гній, зокрема, пташиний послід. Однак, за останніми даними, застосування гною в Україні становить лише 0,5–0,7 т/га орної площі, що значно нижче нормативних показників. Ця створює гостру потребу у використанні альтернативних, але не менш ефективних видів органічних добрив, таких як біомаса.

Біомаса, як сировинна основа для органічних добрив, є надзвичайно різноманітною. Вона може включати відходи сільськогосподарського виробництва, тваринництва та птахівництва, включаючи гній, який є важливою сировиною для отримання органічних добрив.

Проведений пошук у відкритих наукових джерелах та репозиторіях не виявив безпосередніх наукових праць, щодо схеми підбирача-змішувача біомаси для органічних добрив, що свідчить про імовірну новизну поєднання функцій «підбирання» та «змішування» біомаси в одній машині. Це означає, що замість пошуку готових рішень, дослідження має ґрунтуватися на синтезі наявних знань із суміжних галузей, таких як проєктування змішувачів кормів, компостних ворушилок та іншої сільськогосподарської техніки.

Обґрунтування параметрів машини для малих ферм полягає не в досягненні максимальної продуктивності, а в оптимізації співвідношення між вартістю придбання, експлуатаційними витратами та отриманою економією часу та праці. Машина повинна бути спроєктована таким чином, щоб уникнути незручностей та витрат, пов’язаних з отриманням готової продукції з комерційних джерел. Це потребує компактних, універсальних та

надійних агрегатів, які можуть працювати з різними типами біомаси та виконувати кілька функцій одночасно.

Конструкція підбирача-змішувача на нашу думку має інтегрувати механізм підбирання з змішувачем (табл. 1). Цей змішувач повинен бути оснащений вбудованими механічними елементами для подрібнення грубої біомаси. Для забезпечення надійності та простоти експлуатації необхідно використовувати гідравлічний але електричний привід, який має автоматичну систему захисту від заклинювання, а також електронні системи контролю за параметрами роботи.

Таблиця 1

Поєднання конструктивно-технологічних елементів підбирача-змішувача біомаси для органічних добрив з її функціоналом

№	Елемент машини	Конструктивне призначення	Обґрунтування / Функція
1	Тяговий пристрій	Зчеплення з трактором	Агрегатування з тракторами малої та середньої потужності
2	Шасі та рама	Несуча конструкція причіпного типу	Забезпечення транспортування та стійкості агрегату
3	Завантажувальний живильник	Підбирач (конвеєрний або шнековий)	Принцип дії: збирає біомасу і дозовано подає у камеру
4	Змішувальна камера	Вертикальний конічний або циліндричний бункер	Місткість для змішування та подрібнення. Витримує внутрішній тиск і сили різання
5	Вертикальний змішувальний шнек	Основний робочий орган. Вертикальна колона з гвинтовими витками	Принцип дії: подає матеріал знизу вгору по центру, змушуючи його рухатися вниз по периферії, створюючи інтенсивний циркуляційний потік для гомогенізації
6	Різальні ножі (Вбудовані)	Ножі, закріплені на витках шнека та/або на стінках камери	Принцип дії: у поєднанні зі шнеком забезпечують «ножицеподібну» дію, що критично важливо для подрібнення грубої біомаси перед компостуванням
7	Гідравлічний привід	Система передачі потужності від ВВП трактора до шнека	Забезпечує постійну швидкість обертання під час змішування та вивантаження
8	Блок керування та сенсори	Мікропроцесорний контролер, сенсори ваги та швидкості обертання шнеку	Забезпечує точне дозування компонентів. Керує автоматичною функцією усунення заклинювання
9	Вивантажувальний механізм	Шнек або конвеєр з регульованою заслінкою	Вивантажує готову, гомогенну суміш для внесення на поле або формування валків

Фізична 3D модель підбирача-змішувача біомаси для органічних добрив за табл. 1 може бути представлена на рис. 1.

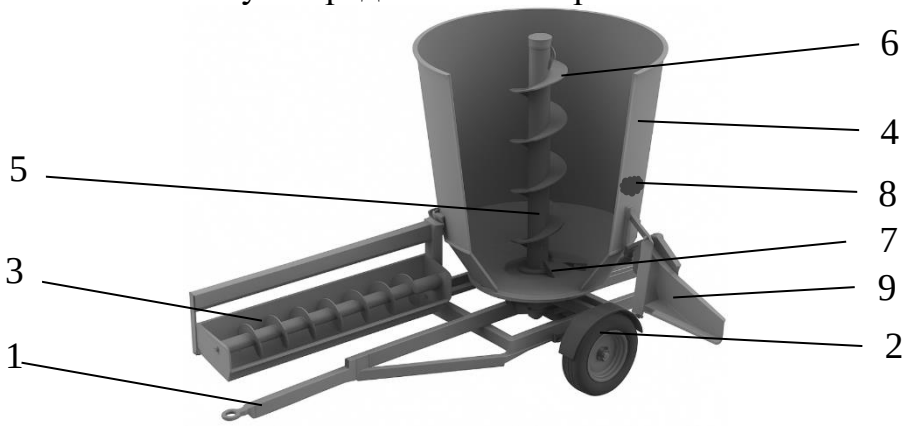


Рис. 1. Фізична 3D модель підбирача-змішувача біомаси для органічних добрив: 1 – тяговий пристрій 2 – шасі та рама; 3 – завантажувальний живильник; 4 – змішувальна камера; 5 – вертикальний змішувальний шнек; 6 – різальні ножі; 7 – гідравлічний привід; 8 – блок керування; 9 – вивантажувальний механізм.

Технологічний процес підбирача-змішувача біомаси для органічних добрив за рис. 1 складається з чотирьох основних послідовних етапів.

1. Етап: Підбирання та Завантаження (поз. 3).

Принцип: Дозована, механізована подача.

Дія: Живильник (3) забирає сировину (наприклад, пожнивні рештки або гній) та подає її до приймального отвору камери (4).

Вплив на параметри: Забезпечує контрольований потік матеріалу, запобігаючи перевантаженню, яке могло б призвести до заклинювання на початковому етапі.

2. Етап: Змішування та Подрібнення (Елементи 5, 6, 7).

Принцип: Циркуляційний потік та комбінована різальна дія.

Дія:

- Шнек (5), що обертається від гідравлічного приводу (7), підіймає матеріал із низу камери вгору.
- Різальні ножі (6) подрібнюють грубі фракції біомаси.
- Матеріал, досягаючи верху камери, падає донизу по зовнішній стінці, де знову підхоплюється шнеком. Це створює постійний потік, що гарантує високу гомогенність суміші.

Вплив на параметри: Досягнення необхідної фракційної однорідності, прискорення розкладання.

3. Етап: Контроль та Адаптація (Елементи 7, 8).

Принцип: Автоматичне розпізнавання та усунення заклинювання.

Дія:

- Блок керування (8) постійно контролює швидкість обертання шнека та вагу матеріалу.

- У разі виявлення різкого падіння швидкості чи зростання моменту (заклинювання), гідравлічний привід (7) автоматично вмикає зворотний хід (реверс) шнека на короткий проміжок часу.

- Після усунення затору привід повертається до нормального режиму роботи.

Вплив на параметри: Максимальна надійність, мінімізація часу простою та ризику поломки обладнання.

4. Етап: Вивантаження та Внесення (Елемент 9).

Принцип: Рівномірний розподіл.

Дія: Після завершення циклу змішування відкривається вивантажувальна заслінка, і готове добриво подається на дистриб'ютор (9), який забезпечує рівномірне внесення на поле.

Вплив на параметри: Забезпечення технологічної норми: нерівномірність внесення по ширині захвату не більше 25% та відхилення від норми внесення не більше 5%.

Висновки. Для умов малих ферм найбільш обґрунтованою є розробка мультифункціонального підбирача-змішувача біомаси, конструкція якого поєднує механізм підбирання з вертикальним шнековим змішувачем. У подальшому доцільним є дослідження можливості адаптації машини для роботи з різними фракціями органічних добрив, включаючи послід птиці, для створення універсального рішення, що охоплює весь спектр потреб малого господарства.

УДК 628.86:631.223

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЙ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Яропуд В.М.
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Якість повітря у тваринницьких приміщеннях визначається концентраціями забруднювачів (CO_2, NH_3, пил, мікробіота) та параметрами мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість повітря) у зоні перебування тварин. Високі концентрації газів і пилу, перегрів, протяги та переохолодження погіршують стан здоров’я і продуктивність, особливо у відлучених поросят. Вентиляція має одночасно видаляти забруднення, тепло і вологу та коректно розподіляти свіже повітря. Критичною є оцінка ефективності конкретних схем вентиляції щодо видалення забруднень і відведення теплоти [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зростання енерговитрат у

тваринництві (охолодження, підігрівання припливного повітря, осушення/зволоження) посилює потребу у технологіях енергоощадної вентиляції та рекуперації теплоти [2, 3]. Використання теплоутилізаторів дає змогу значно зменшувати витрати на підігрівання припливного повітря, проте вплив архітектури повітророзподілу на локальну якість повітря у зоні тварин часто недооцінюють. Реальні повітряні потоки у свинарниках далекі від ідеальних режимів змішування чи ламінарного витіснення, що створює просторові градієнти CO_2 та температури.

Мета і завдання. Метою досліджень є обґрунтування раціональної схеми системи мікроклімату з від'ємним тиском для свинарників на основі виробничих обстежень і аналітичного оцінювання систем вентиляції.

Об'єкти і методи. Дослідження виконані у виробничих умовах у трьох приміщеннях для поросят на дорощуванні (Вінницька область, партії 2023–2024 рр., зима/літо): Варіант 1 – підлогова система; Варіант 2 – стельова система; Варіант 3 – стінові канали.

Автоматично реєстрували CO_2 (SEN0159, ±5 %), температуру (DS18B20, ±0,1 °C) у трьох точках: вхід/зона/вихід; вручну – CO_2 у двох додаткових точках зони. Потік повітря вимірювали в шахтах (анемометр GM8903). Дані фіксували щогодини; додатково виконували термографію (FLIR T200).

Ефективність видалення забруднень у точці p в момент t визначали як:

$$\xi_{x,p,t} = \frac{C_{x,e,t} - C_{x,i,t}}{C_{x,p,t} - C_{x,i,t}} \quad (1)$$

де $\xi_{x,p,t}$ – ефективність видалення забруднень в точці p у момент часу t для забруднення x; $C_{x,e,t}$ – концентрація забруднювача x у витяжному повітрі в момент часу t (мг/м^3); $C_{x,p,t}$ – концентрація забруднювача x у точці p в момент часу t (мг/м^3); $C_{x,i,t}$ – концентрація забруднювача x у притяжному повітрі в момент t (мг/м^3).

Результати досліджень. Середні інтенсивності вентиляції (м^3/год на голову) зростали влітку у всіх варіантах (Варіант 1: 5,1 → 12,3; Варіант 2: 5,8 → 12,4; Варіант 3: 5,8 → 13,9), що зменшувало CO_2 у зоні. Водночас улітку параметри мікроклімату для всіх варіантів виходили за норми, тоді як узимку відповідність нормам підтверджена лише для підлогової системи вентиляції.

Порівняння середніх CO_2 і температур у зоні тварин: Варіант 1 – CO_2 0,17/0,18 %, T 20,7/23,2 °C (найнижчі CO_2 при помірній вентиляції); Варіант 2 – 0,25/0,22 %, 17,5/26,6 °C (найвищі CO_2 і T); Варіант 3 – 0,26/0,21 %, 16,7/25,7 °C (проміжний випадок).

Ефективність ξ і ζ: Варіант 1 – ξ≈1,37→1,27; ζ≈1,12→1,14; Варіант 2 – ξ≈1,01→1,02; ζ≈1,01→0,94; Варіант 3 – ξ≈1,14→1,27; ζ≈0,94→0,92 (зима→літо) (рис. 1-3). Для підлогової системи вентиляції зі збільшенням витрати повітря ξ зменшується. У стельовій системі зі зростанням

вентиляції знижується ζ. У стінових каналах зі збільшенням вентиляції ξ зростає, тоді як ζ утримується поблизу 1.

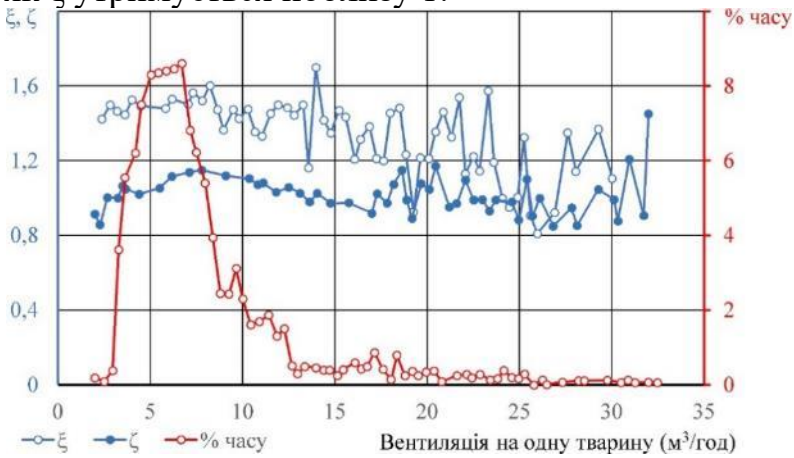


Рис. 1. Вплив інтенсивності вентиляції на значення ξ і ζ в точках автоматичного відбору проб і розподіл частоти інтенсивності вентиляції в приміщенні із підлоговою системою вентиляції (варіант 1).

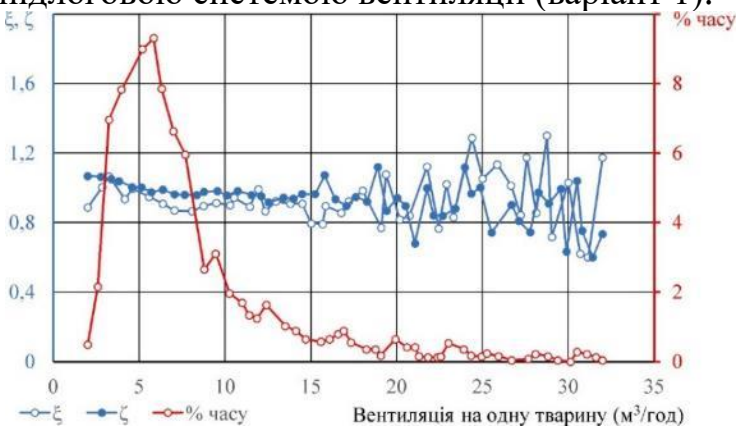


Рис. 2. Вплив інтенсивності вентиляції на значення ξ і ζ в точках автоматичного відбору проб і розподіл частоти інтенсивності вентиляції в приміщенні із стельовою системою вентиляції (варіант 2).

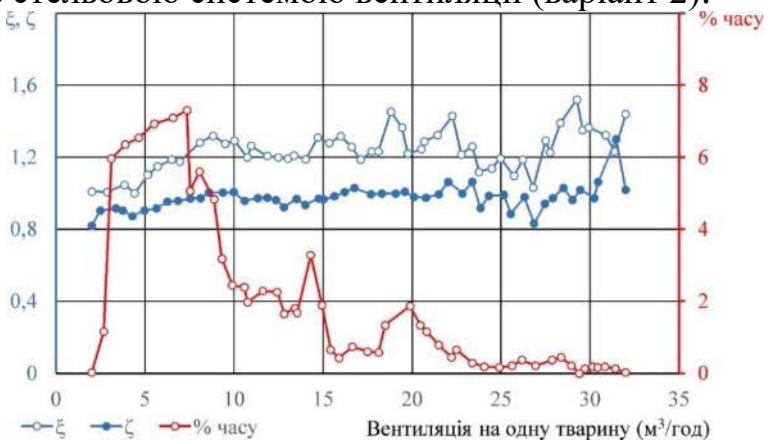


Рис. 3. Вплив інтенсивності вентиляції на значення ξ і ζ в точках автоматичного відбору проб і розподіл частоти інтенсивності вентиляції в приміщенні із системою через стінові канали (варіант 3).

Висновки:

1. Схема підлогової системи вентиляції забезпечує найвищі ξ та ζ і найнижчі CO_2 у зоні за помірної вентиляції.

2. Стельова система вентиляції схильна до «короткого замикання» припливу: потрібні конструктивні й алгоритмічні заходи.

3. Стінова система вентиляції призводить до зростання ξ зі збільшенням вентиляції, але потребують уважного балансування потоків.

4. Узимку нормативи забезпечує варіант підлогової системи вентиляції; улітку всім схемам потрібна інтенсифікація охолодження/зволоження.

5. Системи з високими ξ та ζ дозволяють працювати з нижчою кратністю повітрообміну, скорочуючи енерговитрати та викиди.

Список використаних джерел

1. Калетнік Г.М., Яропуд В.М. Експериментальні дослідження ефективності функціонування систем забезпечення мікроклімату від'ємного тиску в тваринницьких приміщеннях. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2023. Вип. 53. С. 66-84. DOI: 10.32515/2414-3820.2023.53.66-84

2. Алієв Е. Б., Яропуд В. М., Білоус І. М. Обґрунтування складу енергозберігаючої системи забезпечення мікроклімату в свинарських приміщеннях. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 2 (97). С. 129–137.

3. Яропуд В.М. Дослідження ефективності процесу функціонування мехатронної системи забезпечення мікроклімату тваринницьких приміщень. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2024. № 1 (124). С. 56-72. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-1-7

УДК 621.867.152

ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ВИКИДНИМ ПОВІТРЯМ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ УТРИМАННЯ ШАРУ ПОСЛІДУ НА ПЛАСТИНЧАСТОМУ КОНВЕЄРІ

Дешко В.І., Мінералов О.І., Пінчук В.О.
Інститут агроекології та природокористування НААН
Кузьменко В.Ф.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. Зростає попит на механізовані технологічні процеси сушіння курячого посліду з мінімумом витрат енергії та капіталовкладень. Зниження енергоємності обладнання залежить від способу утилізації курячого посліду. Високотемпературне сушіння

потребує значних витрат палива та енергії, витрат на обладнання. Компостування потребує затрат часу, значних площ землі (земля – теж ресурс) та обладнання для обробки буртів посліду. Якщо у першому способі під час сушіння гинуть мікроорганізми, що сприяють кращому засвоєнню рослинами добрив із посліду, то при кагатуванні (процеси відбуваються при температурі не вище 60 – 65°С) ці мікроорганізми зберігаються.

Аналіз останніх досліджень. За кордоном набуває поширення (Німеччина, Нідерланди, Франція та ін.) процес сушіння посліду викидним повітрям з пташника [1, 2]. Спосіб вимагає затрат на виготовлення спеціального обладнання у вигляді пластинчастих сушильних конвеєрів. Енергозатрати на сушіння мінімальні (крім затрат на завантаження – вивантаження посліду один раз на добу), тому що сушіння здійснюється викидним повітрям з пташника. Проведені дослідження [3] дозволили встановити, що за швидкості повітря 4,1-4,6 м/с з температурою 30-35 ^{0}С за 22 години вдається досушити послід до 15% вологості. В зимній період потрібен буде підігрів повітря або збільшення часу перебування посліду в сушарці. Також розроблено конструкційно-технологічну схему зразка технічного засобу для сушіння курячого посліду з допомогою викидного повітря з пташника.

За рахунок того, що викидне повітря має температуру 20 – 30^{0}С, у висушеному посліді зберігаються мікроорганізми, що сприяють засвоєнню поживних речовин з нього.

Мета досліджень полягає у розробленні методики для встановлення основних параметрів механізму для переміщення в горизонтальному положенні перфорованих пластин з послідом під час їх переміщення в нижнє транспортера.

Результати досліджень. Обладнання для сушіння посліду викидним повітрям включає конвеєри для завантаження 1 свіжого посліду та розподілення 2 його по ширині конвеєра 3 для сушіння (рис. 1). Останніх може бути декілька і розташовуються вони один над іншим. Знизу розташовано поперечний 4 та похилий 5 вивантажувальні конвеєри.

Кожен сушильний конвеєр (рис. 1) включає закріплені на рамі ведучі 8 та ведені 9 зірочки з охоплюючи їх ланцюгами 10. До ланцюгів 10, на виступаючих збоку штифтах 11 (аттачментах) шарнірно через кронштейни 12 кріпиться однією стороною сушильна П-подібна пластина 13 (рис. 2). Протилежною стороною кожна пластина 13 опирається на ролик 14, який перекочується по направляючих 16 (для верхньої та нижньої гілок конвеєра). Особливістю даної конструкції пластинчастого конвеєра є те, що при переміщенні пластин верхньої його гілки до веденої зірочки ланцюг з аттачментом змінює свій рух з прямолінійного на рух по колу, переміщаючи пластину по прямій від вертикальної осі зірочки максимум на величину її

радіуса R, в той час як по колу ланцюг з наступною пластиною переміщається на одну четверту кола, тобто:

$$l=\pi R\alpha/180=\pi R\cdot 90/180=1{,}57R \quad (1)$$

Як правило, на початку руху по дузі передньої пластини, задня пластина своїми ребрами наїжджає на передню і вони обоє стають «дибки».

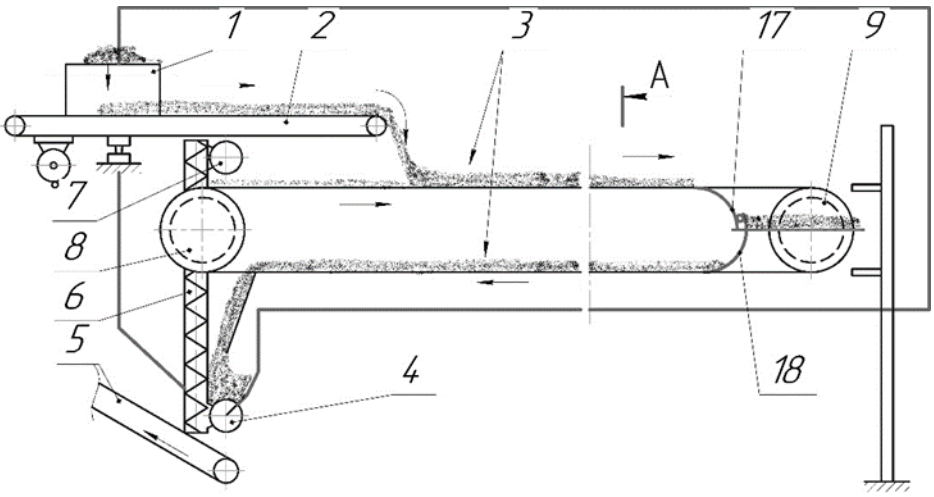


Рис. 1. Схема руху посліду при завантаженні-вивантаженні.

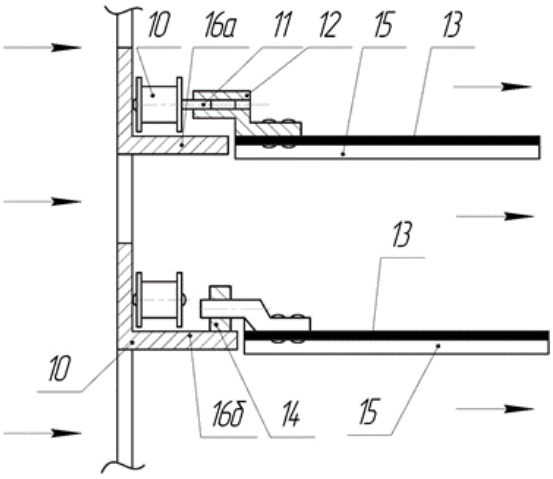


Рис. 2. Схема кріплення та переміщення пластин по направляючих.

Щоб цього уникнути, у відомому обладнанні, коли передня пластина доходить до вертикальної осі зірочки, вона провертається вниз, послід падає на пластину, що вже на нижній гілці конвеєра. При цьому порушується форма пласту посліду, який перекидається на нижню гілку цього ж конвеєра. Пласт посліду або розривається на шматки або скочується в рулончики, що не сприяє якісному висушуванню посліду.

Для запобігання цьому недоліку, пропонується передню пластину переміщати з верхньої гілки конвеєра на нижню без її повороту шляхом деякої зміни конструкції самої пластини та введення пристрою плоско-паралельного переміщення її на нижню гілку конвеєра.

Конструкцію серійної П-подібної пластини, яка включає плоску частину та ребра по її боках, змінюють шляхом виконання всієї пластини 13 плоскою та прикріплення до неї знизу двох кутників 15, які служать ребрами. Їх висота складає 30-40 мм. Кутники повинні кріпитись на відстані від поздовжнього краю пластини (рис. 3).

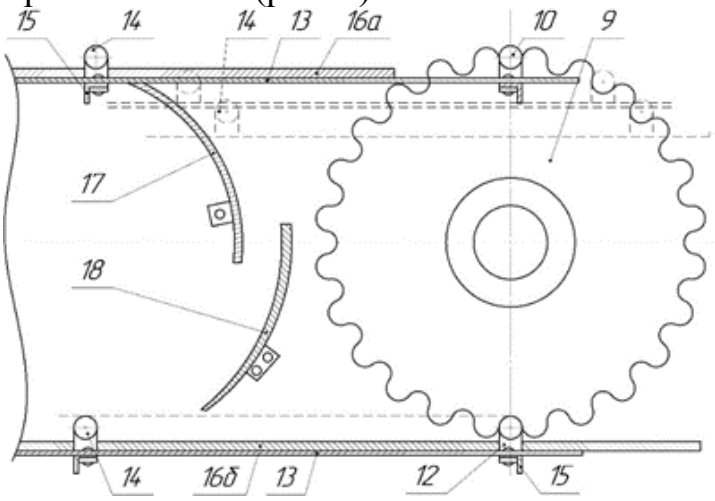


Рис. 3. Схема переміщення пластин по зірочці та по пристрою для їх плоско-паралельного переміщення.

Цю відстань можна теоретично визначити, наприклад, взявши пластини товщиною 3мм та ведені зірочки діаметром 300 мм. Згідно рисунку 4, в залежності від кута повороту «а» аттачменту з пластиною (в ролі якої служить хорда кола діаметром 300 мм), вона буде переміщатись вниз на відстань «В» та, одночасно вперед на відстань в.

Для визначення величин змішення пластини при провертанні веденої зірочки скористаємось означеннями хорди (див. рис. 4).

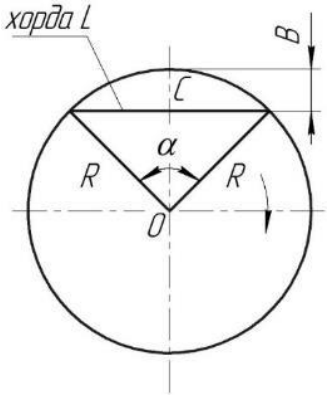


Рис. 4. Схема переміщення пластин (хорда L) вниз та вперед.

Величина хорди L визначається за відомою залежністю:

$$L = 2\mathrm{R}\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \qquad (2)$$

а її половина, що являє собою величину переміщення вперед передньої частини пластини сушильного конвеєра, буде

$$L/_2 = R\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (3)$$

Знаючи задану величину R (як гіпотенузу) та катет $L/2$ можна визначити величину катета OC

$$OC = \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2}\right)^2} = \sqrt{R^2 - \left[R\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right]^2} \quad (4)$$

Звідси можна визначити величину опускання B пластини конвеєра

$$B = R - OC \quad (5)$$

Для прикладу розрахунку приймемо: діаметр веденої зірочки 300 мм, товщина самої сушильної пластини 3мм, висота кутників, як ребер жорсткості – 30 мм. Виходячи із заданих умов, визначимо величину відстаней переміщення передньої пластини та опускання її при різному куті повороту умовної зірочки. Одночасно приводимо величину переміщення (l) задньої пластини при тому ж куті повороту зірочки. Одержані дані зводимо в таблицю 1.

Таблиця 1

Визначення відстаней переміщення передньої та наступної пластин

α, град.	$\sin\alpha/2$	L/2, мм	OC, мм	B, мм	l, мм
5	0,087	13,05	149,77	0,23	13,08
10	0,174	26,1	148,0	2,0	26,17
15	0,2588	38,82	145,0	5,0	39,25
20	0,342	51,3	141,0	9,0	52,33
25	0,4226	63,39	136,0	14,0	65,42
30	0,5	75,0	130,0	20,0	78,50
35	0,5736	86,04	122,9	27,1	91,58
40	0,6428	96,42	114,9	35,0	104,66

Аналізуючи результати розрахунків, слід відзначити, що при куті повороту зірочки на 5^0 відбудеться переміщення пластини вперед ($L/2$) на 13,05 мм, її опускання (B) складе 0,23 мм. Одночасно наступна пластина переміститься (l) на 13,08 мм, що буде в межах зазору між пластинами. Те ж саме при повороті зірочки на 15^0 – різниця складе 0,43 мм, що теж в межах зазору. Але при цьому передня пластина опуститься (B) нижче наступної на 5,0 мм, що більше за товщину пластин (3 мм), і наступна пластина буде переміщатись над верхньою, не чіпаючи її. Є ще одне вузьке місце при стикуванні пластин, тому що при подальшому опусканні передньої задня може впиратись в кутник на передній, якщо він прикріплений близько від

краю наступної пластини. Розглянемо цей випадок, коли висота кутника (задана) складає 30 мм. Щоб не зачепити кутник, величина опускання (*B*) передньої пластини повинна бути більша 30 мм. Цього можна досягти при повороті зірочки на кут 40^0 . Передня пластина при цьому опуститься на 35мм і легко пройде під наступною, не зачіпаючи її. Отже кутники потрібно кріпити до пластин з обох сторін на відстані 86,0 мм від краю для нашого випадку.

Висновки. Пропонована методика дозволяє визначити переміщення пластини при проходженні її зірочки і зміні напрямку руху. Використовуючи зірочку діаметром 300 мм для проходження пластин без порушення технологічного процесу їх товщина не повинна перевершувати 3,0 мм.

Список використаних джерел

1. Presentation Dorset Green Machines (Andre Hermsen) PPT

2. Дешко В.І., Субота С.В., Кузьменко В.Ф. Експериментальні дослідження процесу сушіння курячого посліду викидним повітрям з пташника. Механізація та електрифікація сільського господарства [загально-державний збірник].- 2021. – Випуск № 13 (112) / [ННЦ «ІМЕСГ»]. – Глеваха, 2020. – с.158 – 166. DOI:https://doi.org/10.37204/0131-2189-2021-13-17

УДК 631.3:636

ОГЛЯД НАЙВАЖЛИВІШИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТВАРИНАМИ ПРИ ЕКСТЕНСИВНОМУ ТВАРИННИЦТВІ

Ребенко В.І.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вступ. Екстенсивне тваринництво (ELF) являє собою низьковкладну виробничу систему, в першу чергу зосереджену на утриманні (вирощуванні) тварин на відкритому повітрі, або протягом усього виробничого циклу, або його частини. У світі існують різноманітні екстенсивні та напівекстенсивні система тваринництва, які базуються на етологічних підходах, що дозволяють тваринам проявляти свою вроджену поведінку, таку як випас та дослідження, у більш природних або напівприродних умовах. За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), екстенсивні випаси займають більшу частину сільськогосподарських угідь світу, здебільшого частково орні або взагалі неорні, охоплюючи приблизно 67% світових сільськогосподарських угідь. Завдяки тваринництву ця величезна частина сільськогосподарських угідь світу забезпечує засоби до

існування мільйонів людей, перетворюючи недостатньо використані ресурси на цінні харчові продукти.

Метою цієї роботи є аналіз існуючих технологій і засобів точного тваринництва для застосування в екстенсивному тваринництві.

Матеріали і методи. Для роботи нами було використано методи теоретичного аналізу та синтезу наукової інформації. Основними джерелами були наукові статті та огляди, що стосуються технологій і засобів для точного тваринництва, а також технічні характеристики та інформація від виробників комерційних систем [1-4].

Результати і обговорення.

Для застосування в екстенсивному тваринництві для економії часу та праці фермерів розроблені прецизійні інструменти для простішого та функціональнішого управління стадом.

Місцезнаходження та відстеження тварин мають вирішальне значення для вивчення впливу випасу тварин на навколишнє середовище та підвищення ефективності управління фермерським господарством. Однак це вже давно є проблемою в ELF через величезну та пересічену місцевість, де кочують стада. На відміну від закритих корівників, великі пасовища створюють труднощі в інфраструктурі та комунікації. Сьогодні існує кілька пристроїв для дистанційного моніторингу стад, що зменшує зусилля людини.

Найбільш використовуваними неінвазивними датчиками для моніторингу тварин є GPS-пристрої, які можна прикріплювати до різних частин тіла тварин, таких як нашийники або вушні бирки, для відстеження та запису їхнього місцезнаходження в режимі реального часу показали, що носіння цих пристроїв не змінює нормальну поведінку тварин.

Розвиток Інтернету речей (IoT) каталізував появу багатьох ліцензованих та неліцензованих технологій LPWAN (Low Power Wide Area Network), серед яких найновішими є LoRaWAN, DASH7, Sigfox та NB-IoT. Важливим питанням, яке слід враховувати, є споживання енергії цими датчиками, на яке впливає передача даних GPS, що є найбільш енергоємною діяльністю для пристрою. Заміна або перезаряджання акумуляторів впливає на логістику обробки тварин. Тому важливо оцінити термін служби акумуляторів, щоб розробити більш відповідний графік технічного обслуговування цих мереж.

Крім того, безпілотні літальні апарати швидко стали цінними інструментами в екстенсивних системах тваринництва , здатними знаходити стада та рахувати тварин, що пасуться. Можуть виникнути побоювання щодо стресу, спричиненого польотами БПЛА поблизу тварин; це залежить від таких факторів, як вид, стать та вік, а також тип використовуваного БПЛА, проте багато дослідників не виявили впливу БПЛА на фізіологічні чи поведінкові параметри у корів і зазначили, що тварини швидко

адаптувалися до БПЛА. Більше того, системи БПЛА можна поєднувати з GPS-датчиками для визначення місцезнаходження стада, і спостерігається значне збільшення використання БПЛА, здатних отримувати геоприв'язані дані датчиків.

Системи ідентифікації тварин можна розділити на три категорії: постійні методи (вирізання вух, татуювання вух, таврування розпеченим залізом, таврування заморожуванням), тимчасові методи (вушні мітки) та електричні методи. Системи електронної ідентифікації є ключовим компонентом, який значно перевершив класичні системи ідентифікації та є єдиною технологією, яка наразі є обов'язковою згідно із законодавством ЄС для дрібних жуйних тварин (Офіційний журнал Європейського Союзу 9.1.2004). Загалом, найбільш використовуваною технологією є RFID, яка складається з трьох компонентів: RFID-мітки, RFID-зчитувача та антен. RFID-мітка, прикріплена до тварини, є пасивними датчиками, які можуть зберігати велику кількість даних. За допомогою RFID-зчитувача дані можна передавати на комп’ютер, де вони зберігаються та аналізуються пізніше для прийняття рішень. Існує кілька типів технологій RFID , таких як: вушні бирки, рубцеві болюси та імплантовані мікрочіпи.

Вушні бирки є найдешевшим методом електронної ідентифікації та найпоширенішим датчиком в ELF, але наявність кущів, гілок дерев тощо збільшує ймовірність їх втрати.

Румінальні болюси також широко використовуються, особливо для дрібних жуйних тварин, і вони мають перевагу дуже низького рівня несправностей та втрат. Ці пристрої також можуть контролювати життєво важливі параметри, такі як температура рубця та pH, але наразі болюси, здатні вимірювати ці параметри для дрібних жуйних тварин, комерційно недоступні.

Мікрочіпові імплантати є найчастіше використовуваними мітками для ідентифікації коней, і їх використання у великої рогатої худоби дуже обмежене через складність видалення ідентифікаційного ідентифікатора на бойні, але цей ін'єкційний ідентифікатор має перевагу в тому, що його також можна використовувати як датчик для виявлення фізіологічних параметрів. Перкутанний термочутливий мікрочіп, імплантований у грудний м'яз показав найкращий потенціал для імплантації мікрочіпа, оскільки мав найвищу кореляцію та найменші відмінності з ректальною температурою. Імплантований підшкірний та черевний датчик у овець та ягнят для моніторингу температури тіла та частоти серцевих скорочень порівняно з золотим стандартом приладів у 90% мали відповідну якість вимірювання. Однак ці дослідження виявили важливу проблему, пов'язану з втратою 27% датчиків частоти серцевих скорочень та 20% датчиків температури тіла.

Жива вага тварин є фундаментальним параметром для оцінки здоров'я та стану харчування, достатності кормових ресурсів та досягнення цільової ваги для забою в системі м'ясного тваринництва. Однак в екстенсивних

системах традиційні методи зважування є трудомісткими, трудомісткими та викликають стрес. Для полегшення цієї операції були розроблені автоматичні системи «перехідного зважування» (WOW) , які можна оснастити сонячними панелями для енергетичної автономності та системами передачі для дистанційного надсилання записаних даних на офісний комп’ютер.

Ці інструменти можна доповнити індивідуальною ідентифікацією тварин за допомогою RFID-міток та зчитувачів, що дозволяє щодня призначати та записувати індивідуальну вагу. Після того, як дані фільтруються алгоритмом для виключення нелогічних записів (наприклад, дві тварини на вагах одночасно, лише частина тварини на вагах тощо), менеджери з тваринництва можуть далі оцінити та інтерпретувати результати.

Ще одним важливим параметром для оцінки здоров'я та стану харчування тварин є показник стану тіла (BCS), який можна оцінити за допомогою аналізу зображень на основі 2D та 3D камер. Але цей метод в основному тестувався в системах у приміщенні , оскільки мінливі умови навколишнього середовища, рух тварин та складність підтримки ідеального положення перед камерою у великих системах знижують якість даних.

Найстарішим методом моніторингу поведінки тварин залишається візуальне спостереження; однак часом воно може бути складним, особливо в ELF. Сьогодні розумні інструменти, такі як акселерометри, можуть ідентифікувати рухи тварин і пов'язувати їх з певною поведінкою, такою як відпочинок, випас, жуйка, ходьба тощо. Акселерометри можна розміщувати на різних частинах тіла тварин (наприклад, нога, шия, вуха, рубець) та шляхом вимірювання прискорень по 1, 2 або 3 осях, залежно від типу акселерометра, можна записувати дані про активність. Точність та чутливість виявлення поведінки тварин можна підвищити, поєднавши ці датчики з GPS-пристроєм.

Протягом багатьох років було проведено численні дослідження для оцінки та перевірки здатності інструментів контролювати поведінку тварин, використовуючи недорогі 3D-акселерометри та GPS-датчики, прикріплені до шиї великої рогатої худоби, спостерігали хорошу точність класифікації поведінки з найвищим значенням (0,93) для випасу та найнижчим (0,881) для жуйного жування. Порівняння різних акселерометрів, одночасно прикріплені до ноги, вуха та шиї, для моніторингу поведінки овець під час випасу, стояння та ходьби продемонстрували, що вушна бирка має високу точність класифікації – 94, 96 та 99% для випасу, стояння та ходьби відповідно. Два інші пристрої також показали високу точність класифікації для випасу та ходьби, але низьку точність для стояння (54% для нашийника та 56% для пристрою для ноги).

Крім того, можна контролювати смоктальну поведінку телят і ягнят. Використовуючи акселерометр, встановлений на шиї, змогли точно визначити смоктальну поведінку у ягнят з точністю 95%.

Крім того, оцінили ефективність системи EquiWatch (EWS), автоматизованого пристрою дистанційного моніторингу на основі датчика жування, у виявленні харчової поведінки коней у системах випасу . Вони спостерігали високу кореляцію між візуальними спостереженнями та часом випасу, зареєстрованим системою , з коефіцієнтом кореляції конкорданції (CCC) 0,997.

Кількісно визначаючи час, який тварини витрачають на кожну поведінку, можна оцінити стан їхнього здоров'я. Незвичайна поведінка під час відпочинку, аномальна стійка та хода, відсутність вертикальних або горизонтальних рухів шиї або спостереження занадто повільних переміщень можуть давати ключові сигнали про можливі захворювання, що розвиваються.

Інноваційним підходом є система моніторингу Інтернету речей для виявлення активності тварин у режимі реального часу. Існує неінвазивний алгоритм розпізнавання на основі відеоаналізу під назвою YOLOv8n_BiF_DSC (Fusion of Dynamic Snake Convolution and BiFormer Attention). Метою дослідження було підвищення точності ідентифікації поведінки м’ясних порід великої рогатої худоби. Цей алгоритм досяг точності розпізнавання 93,6%; зокрема, вони отримали середню точність 98,9%, коли йдеться про ідентифікацію лежачої пози м’ясних порід великої рогатої худоби.

Кілька досліджень оцінювали точність цих інструментів у моніторингу поведінки тварин, але їх застосовність в ELF все ще створює деякі проблеми. Термін служби батареї, стійкість пристрою до суворих умов навколишнього середовища та надійність передачі даних у віддалених районах залишаються критичними обмеженнями. Більше того, хоча недорогі датчики, такі як акселерометри та GPS, продемонстрували хорошу продуктивність, масштабне впровадження обмежене потребою в інфраструктурі обробки даних. Незважаючи на ці труднощі, поєднання різних технологій та їх інтеграція з системами Інтернету речей та штучним інтелектом може підвищити надійність та практичність цих інструментів на фермах .

Точне тваринництво пропонує численні переваги, а його застосування в екстенсивному випасі має вирішальне значення для підтримки фермерів у подоланні щоденних труднощів, покращенні управління стадом, зменшенні робочого навантаження та впливу на навколишнє середовище. Незважаючи на ці переваги, впровадження точних технологій в екстенсивних системах випасу залишається обмеженим. На впровадження точного тваринництва може суттєво вплинути доступ до Інтернету та підключення, оскільки вони сприяють моніторингу та аналізу даних у режимі реального часу. Однак

обмежене підключення до Інтернету в сільській місцевості може перешкоджати впровадженню нових технологій. Більше того, на відкритих територіях використання технології GPS для відстеження місцезнаходження тварин є енергоємним, що обмежує застосування моніторингу в режимі реального часу. Крім того, фінансовий стан ферм створює ще одну перешкоду для поширення PLEF. Згідно з опитуванням, проведеним у кількох європейських країнах, менші та менш прибуткові ферми вагаються інвестувати в нові прецизійні технології. Більше того, наявність технічної допомоги, навчання та обміну знаннями суттєво впливає на процес впровадження. Дослідження показали, що збільшення кількості програм технічної підтримки та освіти від постачальників технологій сприяє впровадженню прецизійних технологій. Ці ресурси допомагають фермерам зрозуміти переваги, впоратися зі складнощами та ефективно інтегрувати нові технології у свою сільськогосподарську практику. Мережі та форуми для обміну досвідом та передовим досвідом можуть підвищити впевненість фермерів у використанні прецизійних технологій .

Фермери, які бачать чисті вигоди та впевнені у використанні технологій точного землеробства, з більшою ймовірністю їх впроваджують.

Висновки. Інтеграція різних датчиків та джерел даних, таких як біометричні інструменти, монітори навколишнього середовища та портативні пристрої, може забезпечити комплексний огляд здоров'я, поведінки та умов навколишнього середовища тварин. Такий цілісний підхід дозволяє здійснювати точніші та своєчасні втручання, що зрештою покращує добробут тварин та продуктивність фермерських господарств .

Більше того, периферійні обчислення можуть відігравати значну роль у цьому контексті, забезпечуючи локальну обробку даних та зменшуючи затримку, що робить їх ідеальними для реагування в режимі реального часу, зменшуючи використання пропускної здатності та споживання заряду батареї, що є критичними факторами в ELF. Алгоритми виявлення меж також можуть бути використані для аналізу даних датчиків у режимі реального часу, виявляючи критичні зміни в поведінці тварин або умовах навколишнього середовища, які потребують негайних дій. Крім того, інтеграція технологій точного тваринництва з аналітикою великих даних та блокчейном може революціонізувати тваринництво, покращуючи процес прийняття рішень, забезпечуючи безпечне та прозоре відстеження продуктів тваринного походження від ферми до столу, вирішуючи проблеми безпеки харчових продуктів та добробуту тварин.

Підсумовуючи, хоча ці технологічні досягнення пропонують багатообіцяючі можливості, їхня економічна доцільність у сфері енергозбереження залишається значною мірою невивченою. Майбутні дослідження повинні зосередитися на аналізі витрат і вигод, щоб оцінити їхню фінансову життєздатність та підтримати прийняття рішень фермерами.

Список використаних джерел

1. Bernabucci, G., Evangelista, C., Girotti, P., Viola, P., Spina, R., Ronchi, B., … Primi, R. (2025). Precision livestock farming: an overview on the application in extensive systems. Italian Journal of Animal Science, 24(1), 859–884. https://doi.org/10.1080/1828051X.2025.2480821

УДК 636.2.084:631.3

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ВХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІШУВАЛЬНО-РОЗДАВАЛЬНИХ МАШИН У ТВАРИННИЦТВІ

Купчук І.М.
Вінницький національний аграрний університет

Вступ. Сучасні вискоефективні технології годівлі великої рогатої худоби передбачають використання повнораціонних сумішей (TMR), які повинні мати оптимальні структурні характеристики для підтримання стабільності роботи рубця, забезпечення високої продуктивності та зниження ризику метаболічних порушень [1]. Для приготування і вивантаження до годівниць таких сумішей використовуються кормороздавачі-змішувачі, проте ефективність їх функціонування значною мірою визначається відповідністю конструкції робочих органів фізико-механічним властивостям кормових компонентів [2-4]. Відсутність систематизації вхідних параметрів, що характеризують кормові матеріали, ускладнює розробку нових ефективних машин і призводить до зростання енерговитрат та нерівномірності змішування. Отже, постає науково-практична проблема визначення і узагальнення вихідних параметрів, які мають бути враховані при проектуванні змішувачів.

Метою досліджень є наукове обґрунтування комплексу вхідних параметрів, що характеризують фізико-механічні властивості та структурні показники кормів, а також визначення граничних діапазонів значень цих параметрів, що дозволить сформувати методичну основу для проектування кормороздавачів-змішувачів, здатних забезпечити однорідність TMR та відповідність зоотехнічним вимогам годівлі великої рогатої худоби.

Результати дослідження. Фізико-механічні параметри та механіко-технологічні властивості складових кормової суміші є визначальними при розробці технічних засобів для їх змішування і роздавання. До цих параметрів та властивостей, які формують граничні умови, у межах яких має працювати машина належать насипна густина, кут природного нахилу, гранулометричний склад, вологість, схильність до когезії та злежуваність

матеріалу [5-7]. Наприклад, насипна густина концентрованих кормів сягає 550–750 кг/м³, тоді як у сінажі чи силосі вона становить лише 120–450 кг/м³ [5]. Кут природного нахилу зернових продуктів коливається в межах 28–33°, тоді як для об'ємних кормів сягає 35–45°, що знижує їх текучість і ускладнює змішування [6, 7]. Розмір частинок варіює від 0,6 мм у зернових та до 30 мм у сінажі, а надмірна частка дрібних фракцій (<1 мм) підвищує може призводити до селекції корму тваринами [2, 4], що порушує збалансованість раціону та сприяє зростаню ризику ацидозу рубця і зниженню продуктивності тварин. Оптимальний гранулометричний склад кормосумішей визначається також вимогами до фізично ефективного нейтрально-детергентного волокна (peNDF), який забезпечує стимуляцію жуйки та підтримання стабільної роботи рубця [3, 4] (Табл. 1).

Таблиця 1

Систематизація вихідних параметрів для проєктування змішувачів-кормороздавачів кормів

Параметр	Орієнтовний діапазон	Значення для проектування	Джерело
Насипна густина, кг/м³	120–750	Визначає місткість бункера та навантаження на шнеки	[1, 5, 6]
Кут природного нахилу, °	28–45	Визначає умови завантаження, ризик сегрегації	[5, 6, 7]
Розмір частинок, мм	0,6–30	Визначає якість змішування та peNDF	[2, 4]
Вологість, %	12–70	Впливає на когезію і енерговитрати	[3, 6]
Масова порція, т	1,5–15	Визначає габарити та продуктивність машини	[1]
peNDF, %	≥19 (із об'ємних кормів)	Забезпечує стимуляцію жуйки і стабільність рубця	[1, 3]

Отже, при проектуванні кормороздавачів-змішувачів доцільно враховувати діапазони цих показників, що дозволяє підвищити якість приготування суміші, знизити ймовірність селекції корму та оптимізувати енерговитрати.

Висновки. У ході дослідження було систематизовано вхідні параметри, які визначають умови функціонування кормороздавачів-змішувачів. Встановлені діапазони фізико-механічних характеристик кормів (густина, вологість, гранулометрія, кут природного нахилу) та

технологічних вимог (маса завантаження, рівень peNDF) формують граничні умови роботи машини, а систематизація цих показників створює методичну основу для подальшого моделювання процесів змішування.

Список використаних джерел

1. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. Washington, DC : The National Academies Press, 2021. 489 p.

2. Kononoff, P. J., Heinrichs, A. J., Buckmaster, D. R. Modification of the Penn State Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. Journal of Dairy Science. 2003. Vol. 86, no. 5. P. 1858–1863. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4

3. Mertens, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. Journal of Dairy Science. 1997. Vol. 80. P. 1463–1481. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2

4. Zebeli, Q., Aschenbach, J. R., Tafaj, M., et al. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. Journal of Dairy Science. 2012. Vol. 95, № 3. P. 1041–1056. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421

5. Wang, Y., Chung, D. S., Spillman, C. K. Physical properties of soybean meal. Cereal Chemistry. 1995. Vol. 72, No. 6. P. 523-526.

6. ASABE Standards. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. ANSI/ASAE S319.4. St. Joseph, MI : American Society of Agricultural Engineers, 2008.

7. Molenda, M., Montross, M. D., Horabik, J., et al. Mechanical properties of corn and soybean meal. Transactions of the ASAE. 2002. Vol. 45, № 6. P. 1929-1936. https://doi.org/10.13031/2013.11408

УДК 631.363

КОНСТРУКЦІЙНІ РІШЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ РОТАЦІЙНОГО ЛОПАТЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Медведський О.В., Сукманюк О.М.
Поліський національний університет

Постановка проблеми**.** Вакуумний насос є незамінною виконавчою ланкою в багатьох інженерних технологічних процесах та операціях, особливо у системі генерування енергії вакууму у сучасних доїльних установках. Значний еволюційний шлях, найбільш поширеного у доїльних установках, ротаційного лопатевого вакуумного насоса супроводжувався

постійними удосконаленнями та покращеннями показників ефективності. На перший погляд проста за конструкцією технічна система потребувала незначних наукових зусиль встановлення геометричної подачі та визначення відповідних конструкційних параметрів. Так, встановлено найбільш ефективне співвідношення геометричних параметрів – діаметр ротор, діаметр статора, ексцентриситет, кількість пластин та потужність електродвигуна на привод вакуумного насоса [1]. Значно складніша наукова задача оптимізації елементів конструкції вакуумного насоса та режимів роботи у напрямку мінімізації втрат енергії на подолання тертя механічних складових та втрат напору повітряного потоку. В процесі дослідження вакуумного насоса виникали супутні наукові проблеми подолання флуктуації тиску, нерівномірність процесу відкачування із-за нештатних ситуацій втрати герметичності системи та інші [2]. У зв'язку із чим виникає наукове завдання оцінити наробіток вчених та дослідників у царині покращення показників ефективності ротаційного вакуумного насоса з метою встановлення найбільш раціональних шляхів вирішення наявних проблем.

Головною перевагою ротаційних вакуумних насосів вважається відсутність клапанних механізмів, що покращує показники ефективності порівняно, наприклад, із поршневим насосом [1, 3]. За однакових енергетичних витрат на привод ротаційні вакуумні насоси мають кращі швидкісні параметри порівняно із гвинтовими насосами. Це вказує на високий потенціал ротаційного вакуумного насоса у покращенні питомої механічної та енергетичної ефективності [4, 5]. Перед науковцями відкриваються перспективи подальшого наукового дослідження шляхів покращення експлуатаційних параметрів ротаційного лопатевого вакуумного насоса.

Аналіз останніх досліджень. Конструкція ротаційного лопатевого вакуумного насоса із статором у формі еліпса покликана підвищити показник питомої продуктивності. За рахунок суміщення осі обертання ротора та статора утворюються дві камери всмоктування та нагнітання, що покращує показник рівномірності подачі [1]. Проте, при аналогічних геометричних параметрах вакуумний насос із статором у формі еліпса потребує використання більшої кількості лопатей. У роботі [6] розроблена методика визначення термодинаміки потоків у статорах форма яких відмінна від циліндра. Запропоноване рішення не дозволяє усунути основну проблему ротаційного вакуумного насоса – втрати на тертя зростають зі збільшенням кількості пластин. Зі зростанням втрат на тертя зростають енергетичні витрати на привод вакуумного насоса та зростають теплові викиди. Знизити втрати на тертя покликані модернізовані системи мащення під тиском [7], розроблені методики [8] визначення впливу характеристик

мастильного матеріалу на втрати напору. Але такі рішення не вирішують наявні конструкційні недоліки ротаційного вакуумного насоса.

Вирішити наукову проблему нерівномірності відкачування повітря із вакуумної системи запропонували науковці у роботі [9] шляхом розробки конструкції ротаційного вакуумного насоса подвійної дії. Завдяки одночасній роботі двох роторів зі зміщеними на 45° пластинами знижується ступінь нерівномірності відкачування повітря до 7,8%, на 13,6% збільшується продуктивність, зменшується на 12% потужність на привод, порівняно із ротаційними вакуумними насосами аналогічних масо-габаритних параметрів. Проте зниження втрат енергії за рахунок підвищення продуктивності та ступені рівномірності тиску у впускному отворі вакуумного насоса не має суттєвого впливу на термодинаміку потоку повітря в середовищі низького вакууму.

Мета досліджень. Відомо [9, 10, 11], на продуктивність вакуумного насоса впливає пропускна спроможність вакуумної системи технологічного обладнання. Отже, за умови збільшення провідності конструкційних елементів вакуумної системи можна підвищити ефективність ротаційного вакуумного насоса. Таким чином, мета досліджень спрямована на вирішення наукової проблеми зниження втрат тиску у всмоктувально-нагнітальній системі вакуумного насоса шляхом обґрунтування її форми та геометричних параметрів. На думку авторів ефективність вакуумного насоса можна покращити за рахунок встановлення найвищого рівня провідності структурних елементів впускної системи.

Результати досліджень. Об’ємна продуктивність вакуумного насоса вважається основним показником експлуатаційної ефективності. В загальному, продуктивність вакуумного насоса визначається об’ємним потоком повітря через елементи впускної системи. Відомо, що фактична продуктивність вакуумного насоса визначається як добуток геометричної продуктивності та коефіцієнта подачі. В свою чергу, коефіцієнт подачі (наповнення) залежить від конструкційного виконання системи впуску та ступеня підвищення тиску у вихідному отворі вакуумного насоса. Отже, за рахунок збільшення значення коефіцієнта подачі шляхом збільшення провідності впускної системи зростає продуктивність (Q_p) вакуумного насоса [12, 13]:

$$Q_p = \frac{U_o \cdot \left(p - p_p\right)}{p_p}, \tag{1}$$

де U_o – провідність впускної системи вакуумного насоса, м^3/год;

p_p – тиск робочий вакуумного насоса, Па;

p – тиск у вакуумній системі, Па.

З врахуванням рівнянь вакуумної техніки [14, 15] та власних досліджень [10, 11], отримаємо рівняння встановлення провідності круглого отвору:

$$U_{oc} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{1/n} \sqrt{\frac{2n}{n-1}\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(n-1)/n}\right]} \cdot \frac{A}{1-(p_2/p_1)} \sqrt{\frac{R \cdot T}{M}}, \qquad (2)$$

де p_1, p_2 – тиск у системі до та після отвору, Па;

n – показник адіабати;

R – універсальна газова стала, Дж/кмоль·К;

A – площа поперечного перерізу отвору, м^2;

M – молекулярна маса повітря, кг/кмоль;

T – температура середовища, К.

Результати досліджень провідності отворів (U_h) різної геометричної форми, які мають однаковий характерний розмір, з врахуванням довжини отвору у корпусі вакуумного насоса, подано на рис. 1.

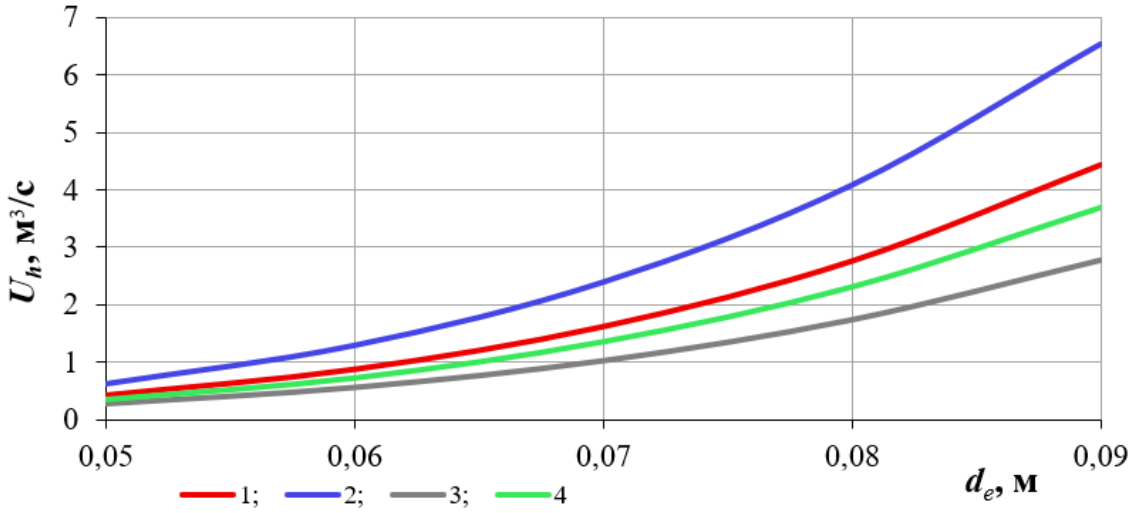


Рис. 1. Залежність провідності отвору (U_h) від характерного розміру (d_e) та форми: 1 – круг; 2 – прямокутник; 3 – трикутник; 4 – еліпс.

Відповідно до графічних залежностей (рис. 1), сукупна провідність (U_h) впускного отвору вакуумного насоса зростає зі збільшенням його характерного розміру (d_e) незалежно від геометричної форми. Прямокутний отвір зі співвідношенням сторін a/b=1 має найвищий рівень та приріст провідності (5,91 м^3/с) при збільшенні характерного розміру від 0,05 м до 0,09 м, порівняно із отворами інших досліджуваних форм.

Висновок. Ротаційні пластинчасті вакуумні насоси відрізняються простотою конструкції та технічного обслуговування, швидкохідністю, врівноваженістю та плавністю роботи. Встановлено, що на рівень вакуумного тиску та швидкодію вакуумного насоса впливають конструкційні та геометричні параметри системи впуску, які визначають втрати енергії потоку повітря. Важливе значення має форма та геометричні розміри конструкційних елементів через які проходить потік повітря до

робочої порожнини вакуумного насоса. Теоретичними дослідженнями доведено, що прямокутний отвір має найвищу провідність за умови співставлення до характерного розміру усіх форм отворів.

Список використаних джерел

1. Aw, K.T.; Ooi, K.T. A Review on Sliding Vane and Rolling Piston Compressors. Machines 2021, 9, 125. https://doi.org/10.3390/machines9060125

2. Bianchi, G.; Cipollone, R.; Murgia, S.; Contaldi, G. Development of an internal air cooling sprayed oil injection technique for the energy saving in sliding vane rotary compressors through theoretical and experimental methodologies. Advances in Engineering Software 2017, 112, 180–191. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.05.010

3. Bianchi, G.; Cipollone, R. Friction power modeling and measurements in sliding vane rotary compressors. Applied Thermal Engineering 84, 276-285. DOI:10.1016/j.applthermaleng.2015.01.080

4. Cipollone, R. Sliding vane rotary compressor technology and energy saving. Journal of Process Mechanical Engineering 2014, 230, 208-234. https://doi.org/10.1177/0954408914546146

5. Diego Vittorini, Giuseppe Bianchi, Roberto Cipollone. Energy Saving Potential in Existing Volumetric Rotary Compressors. Energy Procedia, 2015, 81, 1121–1130. doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.137

6. Fanghua Ye; Bianchi G.; Rane S.; Savvas, A., Tassou; Jianqiang Deng. Analytical grid generation and numerical assessment of tip leakage flows in sliding vane rotary machines. Advances in Engineering Software, 2021, 159, 103030. https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2021.103030

7. Cipollone, R.; Valenti, G.; Bianchi, G.; Murgia, S.; Contaldi, G.; Calvi, T. Energy saving in sliding vane rotary compressors using pressure swirl oil atomizers. Journal of Process Mechanical Engineering, 2015, 229(2), 96–103. https://doi.org/10.1177/0954408914550356

8. Murthy, Ananda A.; Norris, S.; Subiantoro, A. Experimental investigation of internal leakages and effects of lubricating oil on the performance of a four-intersecting-vane rotary expander. Energy, 2022, 238, 121689. https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121689/.

9. Medvedskyi, O.; Bleizgys,R.; Česna, J.; Domeika, R.; Kukharets, S.; Hrudovij, R. The Study Design of a Double-Action Plate Vacuum Pump. *Processes* 2024, 12, 1731. https://doi.org/10.3390/pr12081731

10. Medvedsky,i O.; Kukharets, S.; Čėsna, J.; Sukmaniuk, O. Simulation of a vacuum system of a small-size milking machine. In Proceedings of the 20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development: Conference Proceedings, Jelgava, Latvia, 26–28 May 2021; Latvia University of

Life Sciences and Technologies: Jelgava, Latvia, 2021; Volume 20, pp. 477–482. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF099.

11. Medvedskyi, O.; Kukharets, S.; Golub, G.; Dmytriv, V. Installation of equilibrium pressure of milking machine vacuum system. In Proceedings of the 17-th International Scientific Conference Engineering for Rural Development : Conference proceedings, Jelgava, Latvia, 23-25 may 2018; Latvia University of Life Sciences and Technologies: Jelgava, Latvia, 2018; Volume 17, pp. 143-148. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N173.

12. Edward, W. NoyesHarold V. Sturtevant. The Size of Dry-Vacuum Pump to Employ in a Given Case: A Rapid and Practically Accurate Method for Its Determination, Applying to Any Set of Conditions. *J. Fluids Eng.* 2023, 44, 437–452.

13. Shakya, P.; Ooi, K.T. Introduction to Coupled Vane compressor: Mathematical modelling with validation. *Int. J. Refrig.* 2020, 117, 23–32.

14. Adam, H.; Bolz, A.; Boy, H.; Dohmen, H.; Gogol, K.; Jorisch, W.; Mönning, W.; Mundinger, H.-J.; Otten, H.-D.; Scheer, W.; Seiger, H.; Schwarz, W.; Stepputat, K.; Urban, D.; Wirtzfeld, H.-J.; Zenker H.-J. Fundamentals of Vacuum Technology, Leybold GmbH, Cologne, 2016, 200 p. https://www.leyboldproducts.com/media/pdf/87/a8/be/FVT_Fundamentals_of_Vacuum_Technology_EN58774555441f3.pdf

15. Hoffman, Doroty M.; Thomas, John H.; Singh, B. Handbook of Vacuum Science and Technology. Academic Press, USA, 1998; 835 p. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-352065-4.X5040-8

УДК 621.9:677.17

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ДІЙКОВОЇ ГУМИ

Носенко Є.О., Алієв Е.Б.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Сучасне молочне виробництво значною мірою залежить від ефективної та надійної роботи молочно-доїльного обладнання. Якість доїння, продуктивність праці, а також здоров’я та комфорт тварин безпосередньо впливають на кінцевий результат роботи ферми. Технічний стан доїльних апаратів і систем вимагає постійного контролю та своєчасного діагностування, адже навіть незначні відхилення в параметрах обладнання можуть призвести до зниження якості молока, пошкоджень вимені у корів, збільшення експлуатаційних витрат та простоїв у роботі [1].

З огляду на це, впровадження надійних методів і технічних засобів діагностування є важливою складовою модернізації молочно-доїльних комплексів. Вчасне виявлення технічних несправностей дозволяє запобігти аварійним ситуаціям, підвищити ресурс обладнання і оптимізувати процес обслуговування [2].

Аналіз останніх досліджень. Незважаючи на значний розвиток молочно-доїльної техніки, у практичній діяльності фермерських господарств досі існують складнощі з оперативним і точним визначенням технічного стану доїльного обладнання. Молочно-доїльне обладнання має відповідати міжнародним техніко-технологічним вимогам (ISO 3918 [3], ISO 5707 [4], ISO 6690 [5]). Стандарт ISO 3918 визначає термінологію, яка використовується у молочному виробництві, зокрема він визначає терміни для доїльного обладнання, технологій обробки молока, класифікації молока та методів виробництва устаткування. Щодо стандартів ISO 5707 та ISO 6690 вони основоположні для доїльних установок та доїльного устаткування, а саме ISO 5707 встановлює вимоги до конструкції, безпеки та функціональних характеристик доїльних установок, ISO 6690 описує стандарти проведення механічних тестів доїльних систем для підтвердження їх. Застарілість стандартизованих методів діагностики та недостатня автоматизація контролю призводять до пізнього виявлення несправностей, що негативно позначається на ефективності виробництва.

Тому актуальним є розроблення та обґрунтування сучасних методів і технічних засобів, які дозволяють здійснювати комплексний моніторинг ключових технічних параметрів молочно-доїльного обладнання в реальному часі. Це дасть змогу підвищити надійність роботи систем, знизити експлуатаційні витрати і покращити умови утримання тварин.

Мета досліджень полягає в обґрунтуванні та розробки стенду для випробування дійкової гуми.

Результати досліджень. Для діагностики технічного стану дійкової гуми розроблено спеціалізований випробувальний стенд (рис. 1). Він призначений для визначення сили натягу дійкової гуми залежно від ступеня її видовження, а також для дослідження поведінки гуми під впливом вакууму та пульсацій. Стенд підтримує два режими роботи:

– перший – розтягування з вимірюванням сили натягу;

– другий – дослідження процесу релаксації матеріалу після навантаження.

Сила натягу вимірюється в грамах, видовження – у міліметрах. Для контролю рівня вакууму використано два датчики тиску MPX5100DP, які дозволяють фіксувати вакуум у кПа (рис. 2). Випробування можна проводити з будь-яким типом дійкової гуми – як стандартної круглої, так і трикутної – за допомогою змінних перехідників, попередньо надрукованих на 3D-принтері. У режимі розтягування стенд спочатку повільно розтягує дійкову гуму, після чого здійснює її поступове стискання. За підсумками

випробувань формується графік, який відображає зміну стану гуми протягом циклу натягу і стискання, що дає змогу об'єктивно оцінити її фізико-механічні властивості в умовах, наближених до реальної експлуатації.

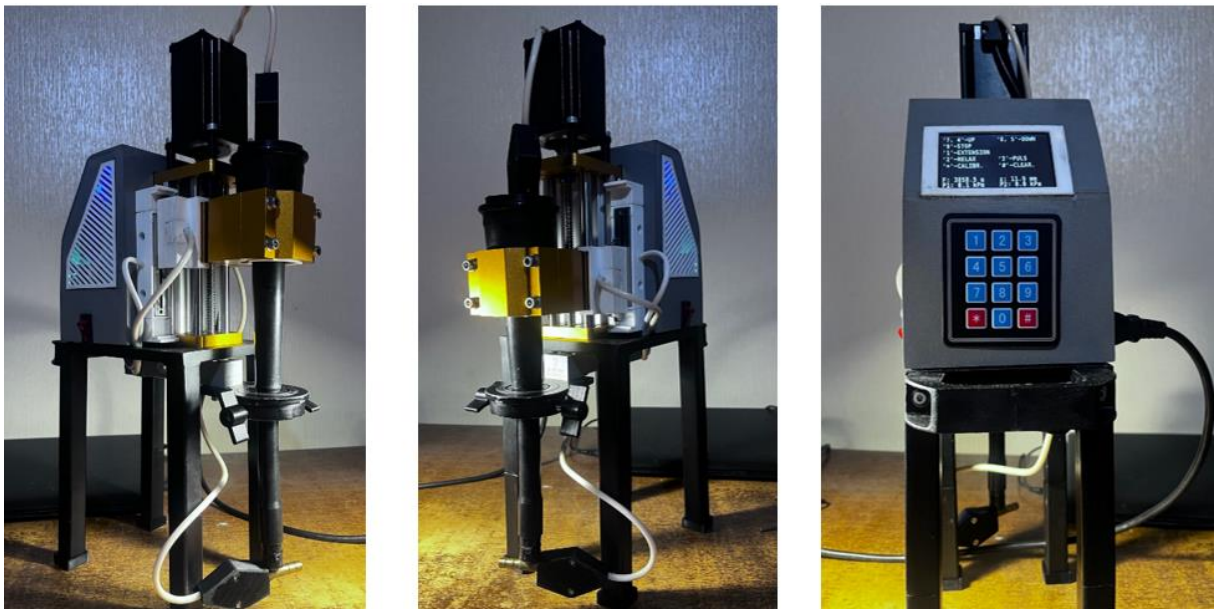


Рис. 1. Загальний вигляд стенду для випробування дійкової гуми.

Стенд підключається до комп'ютера за допомогою USB-кабелю, що дозволяє здійснювати безпосередню передачу експериментальних даних до таблиць Excel для подальшого аналізу, включаючи побудову гістерезисних кривих та розрахунок площі петлі гістерезису.

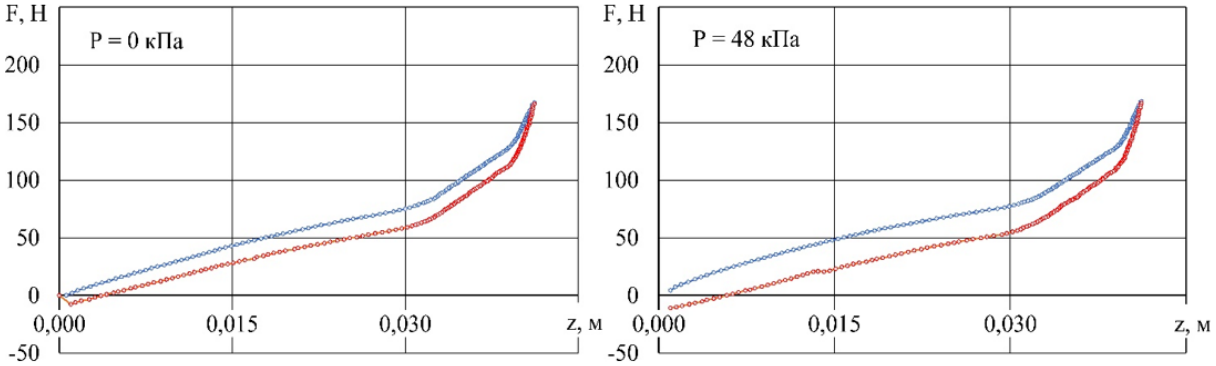


Рис. 2. Графік зміни стану дійкової гуми, зелений – натяг, червоний – стиск.

Загалом, використання даного стенда дає змогу проводити комплексні дослідження дійкової гуми різних типів і виробників – як нової, так і такої, що пройшла визначений заводом-виробником експлуатаційний ресурс. Порівняльний аналіз отриманих результатів дозволяє виявити зміну сили натягу гуми у процесі її зношування, що безпосередньо впливає на якість та повноту доїння. Крім того, ці дані можуть бути використані для

прогнозування довговічності дійкової гуми, а також для верифікації технічних характеристик, заявлених виробником. Таким чином, стенд є ефективним інструментом для обґрунтованого вибору комплектуючих, що забезпечують стабільну продуктивність доїльного обладнання.

Висновок. Стенд для випробування дійкової гуми прилад який дозволяє визначити силу натягу дійкової гуми в залежності від видовження. Побудований на базі Arduino Mega 2560 з клавіатурою управління, графічним дисплеєм, обладнаний двома датчиками тиску MPX5100DP, повністю автоматизований за рахунок використання крокового двигуна та кінцевиків. Стенд дозволяє дослідити будь-який тип дійкової гуми, будь-якого виробника. Дослідивши 2 зразки дійкової гуми, новий та старий, ми отримуємо дані які дозволяють редагувати регламент заміни дійкової гуми, адаптувати його, та передбачити заздалегідь втрату робочих властивостей дійкової гуми, які прямо впливають на якість доїння.

Список використаних джерел

1. Aliiev, E., Paliy, A., Paliy, A., Kis, V., Levkin, A., Kotko, Y., Levchenko, I., Shkurko, M., Svysenko, S., & Sevastianov, V. (2022). Increasing energy efficiency and enabling the process of vacuum mode stabilization during the operation of milking equipment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(1(120)), 62–69.

2. Шевченко, І.А., Алієв, Е.Б. (2013). Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд. 156 с.

3. International Organization for Standardization. (2007). ISO 3918: Milking machine installations – Vocabulary. Geneva, Switzerland.

4. International Organization for Standardization. (2007). ISO 5707: Milking machine installations. Construction and performance. Switzerland.

5. International Organization for Standardization. (2007). ISO 6690: Milking machine installations – Mechanical tests. Geneva, Switzerland.

УДК: 637.116

ДО ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІЗІОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРИНЦИПІВ МАШИННОГО ДОЇННЯ

Ткач В.В., Фененко А.І.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Незважаючи на досить високий сучасний рівень техніки для машинного доїння, вибраковка корів в наслідок маститу є загальносвітовою проблемою, яка притаманний для ферм з різним рівнем техніко-технологічного забезпечення. Відтак набувають актуальності технічні

рішення щодо зменшення передумов виникнення інфекційних захворювань дійок. Основними технічними передумовами, які сприяють потраплянню хвороботворних бактерій до організму корів та виникненню маститу є інтенсивний механічний вплив дійкової гуми під час машинного доїння, що обумовлено її конструкційними параметрами, наявність постійного розрідження у піддійковому просторі незалежно від такту роботи доїльного апарату, перекривання молочної протоки в наслідок руху присоска дійкової гуми угору до основи дійки [1, 2, 3, 4, 5]. У ІМА АПВ НААН, дослідження зі створення нових засобів машинного доїння завжди провадились з врахування безпечності режиму взаємодії біотехнічної ланки «машина-тварина», що сприяло створенню стимулюючих доїльних апаратів ДА-Ф60 та ДА-Ф70 [6, 7].

Рис. 1. Загальний вигляд формувальних вставок: а - для міжстінного простору доїльного стакана; б - для піддійкового простору доїльного стакана.

У ІМА АПВ проведено дослідження та розроблено спеціальні формувальні вставки для серійних доїльних апаратів (рис. 1), що встановлюються у зоні стискання дійкової гуми [8, 9]. Вставки формують еліпсоподібний переріз дійкової гуми, усувають негативний ефект стрибкоподібного переходу до такту стиснення та забезпечують повне відключення піддійкового простору від впливу вакуумметричного тиску у такті стиснення. Здійснено порівняльну виробничу перевірку розроблених вставок у складі доїльних установок з стійловим молокопроводом (ДПДГ «Шевченківське» с. П’ятигори; ТОВ «Агробіф» м. Біла Церква; «Великоснітинське навчально-дослідне господарство ім. О.В. Музиченка» с. Велика Снітинка). Використання формувальних вставок сприяє молоковиведенню, забезпечує повноту видоювання без проведення машинного додоювання, підвищує стійкість роботи доїльних апаратів підчас коливання вакуумметричного тиску (відсутнє спадання доїльних апаратів), зафіксовано значне скорочення кількості випадків субклінічного

маститу, підвищення середнього надою на 4,2 % та скорочення кількості соматичних клітин на 33 %, розрахунковий річний економічний ефект складає 4965 грн/гол.

Список використаних джерел

1. David E. Gleeson, Edmond J. O'Callaghan, & Myles V. Rath. (2004). Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography. Irish Veterinary Journal, 57 (5), 289–296.

2. D. Forbes, & W. Gehm. (2012). Bacterial migration through teat canal related to liner action. Wageningen Academic Publishers, 415–415. Chapter: Udder Health and Communication.

3. Bill Gehm, & L. R. Gehm. (2014). Mastitis: the milking machine as the delivery mechanism. International Dairy Topics, 14, no. 1, 17–18.

4. P.P.J. van der Tol, W. Schrader, & B. Aernouts. (2010). Pressure distribution at the teat–liner and teat–calf interfaces. Journal of Dairy Science, 93, issue 1, 45–52.

5. Ynte H. Schukken, Lennart G. Petersson, & Bradley J. Rauch. (2006). Liners and teat end health. NMC Annual Meeting Proceedings, 183–196.

6. В. В. Адамчук, А. І. Фененко, В. В. Ткач, В. В. Братішко та ін. Механізація та автоматизація виробництва молока. Монографія / ННЦ «ІМЕСГ». Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2020. 368 с.

7. Фененко А. І., Ткач В. В., Ткачук С. В. Перспективи та техніко-технологічне забезпечення галузі тваринництва України. Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2016. № 212/2. С. 27–35.

8. Ткач В.В. До питання фізіологічно безпечних принципів машинного доїння. Механіка та автоматика агропромислового виробництва. ІМА АПВ НААН. Вип. №1 (115), Глеваха, 2023. – С.123-128.

УДК 631.3

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИБИРАННІ ГНОЮ НА ФЕРМАХ ВРХ

Стрілецька В.Л., Хмельовський В.С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мета роботи полягає у аналізі засобів прибирання та утилізації гною, що використовуються на фермах та комплексах великої рогатої худоби при безприв'язному утриманні, і впливають на собівартість виробництва тваринницької продукції та забезпечують екологічну безпеку довкілля.

Тема прибирання гною на перший погляд може здаватися другорядною, але в дійсності має ключове значення для ефективності сучасного тваринництва. Йдеться про використання гною із ферм та комплексів великої рогатої худоби у рослинництві для виробництва органічної продукції.

Значення проблеми полягає у тому, що будь-яка тваринницька ферма щодня має величезні обсяги відходів. Неправильна організація їх видалення призводить до погіршення мікроклімату в тваринницькому приміщенні, тварини за таких умов частіше хворіють, а також підвищених витрат на отримання продукції та поглиблення екологічних проблем. Нашим завданням є обґрунтувати найбільш ефективні й енергоощадні технологічні рішення, які зможуть вирішити вище зазначені проблеми.

Сучасні тваринницькі ферми та комплекси, все частіше, відходять від застосування ручної праці у виробництві продукції тваринництва та віддають перевагу механізованим та автоматизованим системам прибирання гною.

Найбільш розповсюдженими засобами прибирання гною сьогодні є скреперні установки. Це механізми з гідравлічним або електричним урухомленням із ланцюговими або канатними системами переміщення скребків, які працюють у широких гнойових проходах тваринницьких приміщень. Їхніми перевагами є простота конструкції та надійність в експлуатації. Проте на зміну традиційним засобам прибирання гною приходять роботизовані гноєприбиральники (рис. 1), що пересуваються по корівнику за заданими маршрутами.

Рис. 1. Робот-прибиральник гною Lely Discovery 120 Collector.

Такі машини здатні працювати довготривало, підтримуючи високу чистоту в тваринницьких приміщеннях. Одним із таких є робот-прибиральник гною, Lely Discovery 120 Collector, який починає рух від зарядної станції у чітко обумовлений час та заздалегідь заданому маршруту, забезпечуючи постійну чистоту проходів. Завдяки вбудованим датчикам

робот точно орієнтується в корівнику та з легкістю повертається до зарядно-санітарної станції.

Важливими складовими ефективності використання обладнання є його енергоощадність. Враховуючи зростання цін на електроенергію, важливого значення набувають рішення з низьким енергоспоживанням. Новітні системи для прибирання гною обладнані частотними перетворювачами та сенсорами рівня гною, що дозволяє запускати механізми лише тоді, коли це дійсно потрібно. Відповідно, зменшуються експлуатаційні витрати та навантаження на електромережу тваринницького комплексу чи ферми.

Інноваційні технології спрямовані не лише на прибирання, а й на ефективну переробку гною. Одним із напрямків є сепарування гною, що дозволяє розділяти на тверду і рідку фракції, що відкриває можливість використання твердої частини як органічного добрива або підстилки, а рідка – як сировина для біогазових установок. Біогазові комплекси сьогодні не лише вирішують проблему утилізації, а й виробляють теплову та електричну енергію, забезпечуючи ферму автономними ресурсами, перетворюючи гній на відновлювальну енергію, знижуючи при цьому викиди метану.

Чисті приміщення з низьким рівнем аміаку, відсутністю слизьких поверхонь і шкідливих мікроорганізмів позитивно впливають на здоров’я худоби, знижують ризик захворювань копит та шлунково-кишкових інфекцій, а отже — і на надої молока та прирости тварин у живій вазі. Крім цього, використання технологій IoT (Інтернету речей) дозволяє відстежувати роботу обладнання в режимі реального часу.

Висновоки. Інноваційні технології у прибиранні гною на фермах ВРХ дозволяють значно знизити витрати ручної праці, підвищити рівень гігієни у тваринницьких приміщеннях, оптимізувати енергоспоживання та забезпечити екологічну безпеку довкілля і високі прибутки. Використання роботизованих систем, біогазових комплексів та цифрового моніторингу є перспективним напрямком розвитку сучасних ферм та комплексів, орієнтованих на європейські стандарти.

Список використаних джерел

1. Машини та обладнання для тваринництва. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Хмельовський В.С. – К.: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с.

2. Робот-прибиральник гною Lely Discovery 120 Collector. веб-сайт. URL: https://traktorist.ua/technologies/robotpribiralnik-gnoyu-lely-discovery-120-collector.

3. Роботизовані прибиральники: технології майбутнього на сторожі чистоти. веб-сайт. URL: https://zvidusil.in.ua/robotizovani-pribiralniki-tekhnologiyi-maibutnogo-na-storozhi-chistoti/.

УДК 637.115.03:637.125

СИСТЕМА РОЗПІЗНАННЯ КОРІВ У ДОЇЛЬНОМУ ЗАЛІ

Заболотько О.О., Потапова С.Є.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми: Нині у молочному скотарстві використовують чотири основних типи доїльних залів: «тандем», «ялинка», «паралель», «карусель». Вибір типу та розміру доїльного залу потребує доволі серйозного підходу, його слід підбирати індивідуально під кожне господарство. Системи розпізнавання та обліку молока встановлюють, коли треба обслужити більше 200 голів худоби [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій: Технологія безприв'язного утримання та доїння у доїльних залах максимально відповідає фізіології корів, дозволяє покращити не тільки виробничі характеристики дійного стада і якнайкраще оптимізувати роботу обслуговуючого персоналу. Втім, як показує практика, безприв'язне утримання худоби не завжди дає позитивні результати. У деяких господарствах перехід на таку технологію супроводжується зменшенням рівня надоїв і не сприяє зниженню собівартості продукції. Причиною такої ситуації можуть бути недоліки в організації та технології машинного доїння корів у доїльних залах. Системи моніторингу доїння корів «milkrite|interPuls» забезпечують обслуговування тварин [1].

Датчик для визначення охоти і моніторингу здоров'я корів, який кріпляться на шию або ногу тварини, має високу надійність і цілодобово направляє фермеру дані про готовність корів до запліднення. Оптимальні умови для успішного управління відтворення: моніторинг активності за допомогою стійкого до зносу акселерометра; розпізнавання сигналу в радіусі 250 м від антени; безперервна передача даних в режимі реального часу за допомогою радіотехнології UHF, чітке і докладне уявлення даних про фазах тічки і лактації у корів [2].

Або використання вушного транспондеру, який реєструється комп'ютером при проходженні через електронний зчитувач (антена рамкова).

Система «Му Монітор» пропонує технологію біологічного стану тварини, виявлення охоти у корів та телиць. Без сумніву, своєчасне виявлення статевої охоти є однією з найважливіших сфер, що впливають на рентабельність молочної ферми. Ручне виявлення охоти займає багато часу, а ефективність цього методу напряму залежить від досвіду персоналу.

Успішне функціонування біотехнічної системи «оператор-машина-тварина» забезпечується співвідношенням великої кількості технологічних параметрів. В умовах значної інформаційної невизначеності з боку підсистеми «машина-тварина» та інформаційного перевантаження оператора, який значну кількість інформації ігнорує. Останнє шкодить виробництву продукції. Методи керування в автоматизованих системах керування технологічними процесами (АСК ТП) не забезпечує достатньої гнучкості системи керування процесами. Існують ручні налаштування, автоматизації окремих операцій через модульні принципи АСУ ТП є застарілими, до сучасних систем можна віднести використання цифрових систем керування [3].

Мета дослідження: провести аналіз використання цифрових засобів ідентифікації тварин з програмним забезпеченням управління стадом більше 200 голів.

Виклад основного матеріалу: Існуючі системи використання цифрових засобів ідентифікації тварин молочних ферм можна класифікувати: за рівнем, що займається у структурі виробництва (нижнього, верхнього та багаторівневі); за характером перебігу технологічного процесу (ТП) (дискретні, безперервні та безперервно-дискретні); за інформаційною потужністю, що характеризується числом первинних вимірюваних та контрольованих технологічних параметрів, за типом функціонування (інформаційні, локально-автоматичні, рекомендаційні та автоматичні).

Фірма «Вестфалія Сепаратор» (ФРН) розробила та постачає в інші країни електронну систему, що забезпечує облік індивідуальних надоїв молока та реєстрацію інформації від кожної корови з пульта оператора доїння. За наведеною вище класифікацією це багаторівнева система, що керує дискретним технологічним процесом, середня за інформаційною потужністю та локально-автоматична рекомендуюча за типом функціонування. Фірми «Поієш» (Нідерланди), «Гаскойн» і «Фулвуд» (Англія), «Бабеон» (США) та ін. створили аналогічні системи, що відрізняються лише конструктивними рішеннями, обсягом інформації, що реєструється та переробляється, структурами систем. Усі вони є системами середньої інформаційної потужності.

У нашій країні розроблено систему ідентифікації (розпізнавання) номерів тварин та електронні пристрої управління процесами доїння та годівлі у співпраці з компанією «milkrite|interPuls». На цій електронній апаратурі побудовано автоматичні підсистеми збору та обробки індивідуальної інформації про тварин та індивідуальну роздачу кормів коровам залежно від продуктивності. Підсистему збору індивідуальної біологічної інформації про тварин виконано у безприв'язці до доїльної установки типу «Ялинка» 2x12 InterPuls (Imilk 600) на прикладі ТОВ «Першотравневе» Черкаської області.

Підсистеми збирання біологічної інформації на доїльній установці має декілька етапів. Перший етап - руху корів через доїльний зал. Визначаються основні показники продуктивності тварин та супутні біологічні показники. Поняття «контрольні доїння» переходять в режим постійного контролю за використання цифрових засобів ідентифікації тварин. Як результат, зменшення затрат часу на виконання цих робіт. Другий етап - індивідуальної видачі концкормів, які працюють спільно з системою ідентифікації номерів тварин та їх продуктивності, що забезпечує визначення закріпленого на нашийнику тваринного номера. Зчитування номера здійснюється в кожному доїльному станку та в кожній кормовій станції за допомогою антен і бази даних використання цифрових засобів. Компанія «Недап» – це голландська компанія, яка є однією зі світових лідерів у виробництві систем дистанційної ідентифікації, зокрема, для транспорту, людей та тварин. Вона спеціалізується на системах радіочастотної ідентифікації (RFID), які використовують для контролю доступу, моніторингу трафіку та управління об’єктами виробничого процесу.

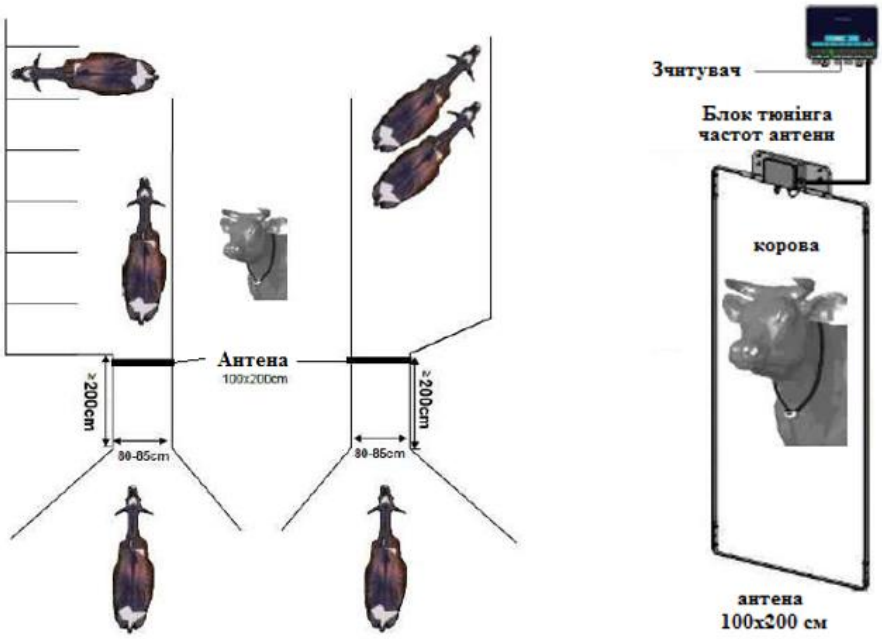


Рис. 1. Система дистанційної ідентифікації та антена.

Системою можна зручно керувати за допомогою смартфону, планшету чи з ПК в господарстві чи за межами господарства через мережу LAN/WLAN, що інтегрована в центральні блоки керування одразу в стандартній комплектації. Підключення системи до хмарного сервісу дозволяє керівнику господарства та фахівцям застосовувати функції оптимізації, аналізу та віддаленого обслуговування. Інтерфейс LAN/WLAN (вже в стандартній комплектації) для з’єднання системи з роутером та хмарним сервісом: повністю автоматичний контроль роботи всієї ферми; стандартне виконання з інтерфейсом LAN/WLAN керування через веб-

браузер чи застосунком, інтелектуальні функції, що забезпечують високий рівень комфорту та ефективність виробничого процесу, новий шлюз зв'язку KNX, що дозволяє інтегрувати NEA SMART 2.0 із системами «розумна ферма».

Висновки: системи використання цифрових засобів ідентифікації тварин молочних ферм дозволяють зменшити затрати праці обслуговуючого персоналу на 18-26%. Проводити індивідуальний облік тварин.

Список використаних джерел

1. Доїльне обладнання на сучасний лад: сім раз відміряй — один раз купи! – Режим доступу: https://agrosystem.com.ua/doilne-obladnannya-na-suchasnijj-lad-sim-raz-vidmiryajj-odin-raz-kupi/.

2. Датчик для визначення охоти і моніторингу здоров'я корів GEA CowScout. – Режим доступу: https://traktorist.ua/technologies/datchik-dlya-viznachennya-polyuvannya.

УДК 504.064.4

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТОВАНОЇ СИСТЕМИ LELY SPHERE В УМОВАХ УКРАЇНСЬКИХ ФЕРМ

Потапова С.Є.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

В основі стійкого тваринництва лежить ідея інтегрованого ведення господарства, де вирощування тварин і рослин взаємопов'язане та збалансоване. Це означає відмову від інтенсивних, промислових методів, які часто призводять до виснаження природних ресурсів, забруднення довкілля та жорстокого поводження з тваринами.

Один з важливих принципів стійкого тваринництва – екологічна рівновага, що передбачає мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. Цього досягають шляхом зменшення викидів парникових газів, раціонального використання водних ресурсів, збереження біорізноманіття та родючості ґрунтів.

ЄС вимагає від фермерів скорочення викидів аміаку з сільського господарства, що регулюються директивою про промислові викиди та іншими законодавчими актами, спрямованими на захист довкілля. Основні вимоги включають використання найкращих доступних технологій для зменшення викидів, оптимізацію управління гноєм, поліпшення раціонів годівлі тварин та впровадження належної практики зберігання добрив.

У Європейському Союзі стосовно промислових викидів деяких речовин, таких як аміак, застосовуються так звані національні граничні

значення викидів (NEC). Їх не можна перевищувати для кожної речовини, для якої застосовується граничне значення.

Фірма Lely Industries NV (Нідерланди) пропонує систему Lely Sphere, яка дозволяє молочним господарством значно обмежити викиди аміаку зі своїх корівників, використовувати вловлений аміак як добриво та розділяти гній тварин на два мінеральні потоки, що дає можливість оптимізувати процес внесення добрив. Повторне використання аміачного азоту як замінника штучних добрив на молочних фермах відповідає Плану дій Європейської Комісії щодо циркулярної економіки. Lely Sphere – це поєднання чотирьох компонентів: модифікована підлога корівника, гнойовий робот, пристрій-азотоуловлювач, який витягує повітря з гноєзбірного каналу та корівника та перетворює аміак, що міститься в цьому повітрі, на рідкі добрива, а також силос для зберігання цих добрив.(рис.1).

В першу чергу відбувається розподіл сечі і гною за рахунок модифікованої щілинної підлоги 1. Спеціальні розділові смуги закривають щілини підлоги корівника. Це стрічки з нержавіючої сталі, що мають отвори, через які сеча та повітря можуть надходити в сечозбірник. Гній залишається на поверхні підлоги. Робот-прибиральник Discovery Collector 2 затягує тверді гній у резервуар і вивантажує їх в окремий гноєзбірник, підтримуючи чистоту підлоги корівника. Гній та сеча майже не контактують між собою на підлозі. Це перший крок до зменшення викидів аміаку, оскільки аміак утворюється при змішуванні гною та сечі. Фермент у фекаліях сприяє хімічній реакції, яка перетворює сполуку азоту в сечі (сечовину) на аміак.

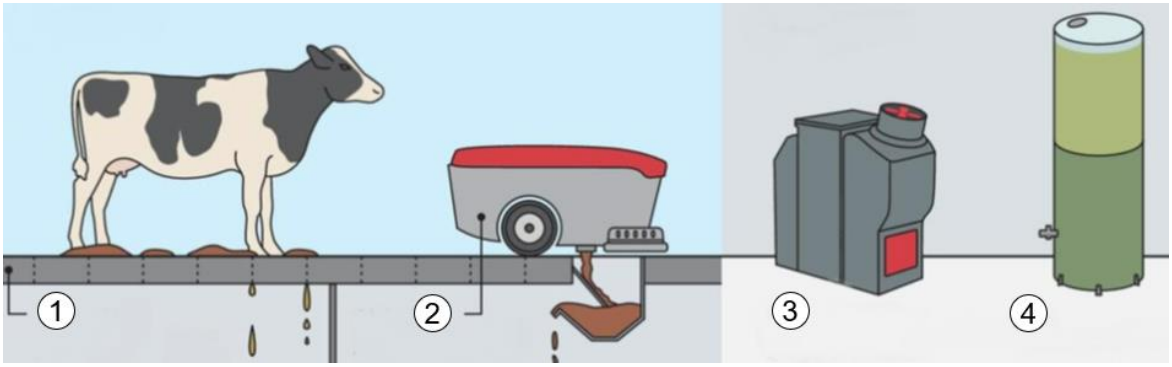


Рис. 1. Складові системи Lely Sphere: 1 – модифікована щілинна підлога Lely Sphere, 2 – Lely Discovery 120 Collector, 3 – Lely Sphere N-Capture, 4 – силос для добрив.

Аміак може утворюватися під підлогою, але його витягує азотоуловлювач N-Capture, третій елемент системи. Азотоуловлювач всмоктує повітря з ями через систему фільтрації. Фільтр в N-Capture

затримує аміак і за допомогою кислоти перетворює його в поновлюване добриво. N-Capture працює з сірчаною або азотною кислотою. В результаті отримують аміачну селітру або сульфат амонію. Рідке добриво зберігають у силосі.

Практичні випробування показали, що з викидів аміаку на корову можна «зібрати» від 10 до 20 кг азоту на рік. Це дає фермерам доступ до окремого потоку азотних поживних речовин, які можна використовувати разом із відокремленою сечею та фекаліями тварин. Сеча тварин містить менше мінерального азоту, але все ще багата на інші поживні речовини, такі як калій, тоді як органічний азот та фосфат переважно зберігаються у фекаліях. Чергуючи ці три потоки поживних речовин відповідно до потреб ґрунту, фермери можуть забезпечити вирощувані культури поживними речовинами, та покращити якість ґрунту.

Проте ця інноваційна система була розроблена для корівників з щілинною підлогою, а більшість українських ферм практикують утримання молочних корів на суцільній підлозі. Прибирання гною в таких приміщеннях здійснюється скреперною установкою. Очищуючи гнойові проходи, скрепер транспортує гній до поперечного гноєзбірного каналу.

Для забезпечення відокремленого зберігання гною і сечі пропонується використовувати два відокремлені канали, розміщені поруч. Першим за напрямком руху скрепера буде розміщений сечозбірний канал, накритий зверху перфорованою панеллю. При русі скрепера рідка фракція буде протікати крізь отвори, а гноєві маси будуть проштовхуватись скребками далі, до гноєзбірного каналу. Таким чином буде відбуватись відокремлення сечі від фекалій, що дасть можливість використати систему уловлення азоту N-Capture. Таким чином, буде можливо використовувати запропоновану фірмою Lely Industries технологію і для корівників з суцільною підлогою.

Список використаних джерел:

1. Circular manure handling system | Lely Sphere. https://www.lely.com/solutions/manure/sphere/ (дата звернення: 07.10.2025).

2. New circular barn system for livestock reduces nitrogen emissions by more than 70%. https://www.lely.com/about-lely/news/new-circular-barn-system-livestock-reduces-nitroge/ (дата звернення: 08.10.2025).

3. Closing the mineral cycle in dairy farming. https://www.europeandissemination.eu/article/closing-the-mineral-cycle-in-dairy-farming/16348 (дата звернення: 08.10.2025).

4. Feature: Latest Lely innovations. URL: https://www.farmtrader.co.nz/ latest-lely-innovations-for-future-dairy-farming/ (дата звернення: 10.10.2025).

УДК 631.3

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ

Пастушенко О.А., Потапова С.Є.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Трудомісткість технологій приготування кормів для сільськогосподарських тварин, різні варіанти раціонів кормів, способів заготівлі, їх зберігання негативно впливають на ефективне застосування обладнання. Суттєвим недоліком більшості існуючих машин для подрібнення пресованих стеблових кормів є досить висока енергоємність. Необхідно розробити ресурсозберігаючий технічний засіб. Проведений нами аналіз показує, що з точки зору ресурсозбереження та досягнення якісних показників ефективніше застосовувати машини, оснащені комбінованими ріжучими сегментами. Пропонуємо технічне рішення, що дозволяє знизити витрати енергоресурсів та покращити якість корму.

Рис. 1. Конструктивно-функціональна схема подрібнювача грубих кормів: 1 – бункер; 2 – рулон; 3 - робочий орган, що подрібнює конусного типу; 4 – лопатеве колесо; 5 – ходова частина; 6 - повітроводом; 7 – голка; 8 - шнекова навивка; 9 – підшипник; 10 - привод шківа.

Запропонований подрібнювач корму (рис. 1) складається з вертикального циліндричного бункера 1, розміщеного на рамі з ходовою частиною 5, по внутрішньому периметру якого розташована шнекова навивка 8. Циліндричний бункер в осьовому вертикальному напрямку

оснащений голкою 7, закріпленою за допомогою підшипників 9 під корпусом подрібнюючого робочого органу 3. На голці зафіксовані подрібнюючий робочий орган конусного типу 3 і лопатеве колесо 4.

В днищі бункера розташований подрібнюючий робочий орган 3 конусного типу, по осях якого закріплені подрібнювальні двоплощинні сегменти дугового профілю 13, а в міжосьовому просторі робочої поверхні диска радіально виконані горизонтальні зубчасті подрібнюючі елементи 11, у поперечному перерізі яких розташовані ромбоподібні отвори 12 (рис. 2). Подрібнювач оснащений вивантажним повітроводом 6.

Подрібнювач працює наступним чином. Рулон 2 подають у вертикальний циліндричний бункер 1, розміщений на рамі з ходовою частиною 5, з шнековою навивкою 8, наколюють на загострену вісь 7. За рахунок власної ваги рулон опускається вниз і взаємодіє з навивкою 8 та потрапляє на подрібнюючий робочий орган конусного типу 3. При взаємодії матеріалу із зубчастими подрібнюючими елементами 11 і подрібнюючими двоплощинними сегментами дугового профілю 13 відбувається подрібнення як вздовж так і впоперек волокон. Подрібнений матеріал надходить у ромбоподібні отвори 12, звідки подається за допомогою лопатевого колеса 4 у вивантажувальний повітропровід 6, за допомогою якого вивантажується за межі машини.

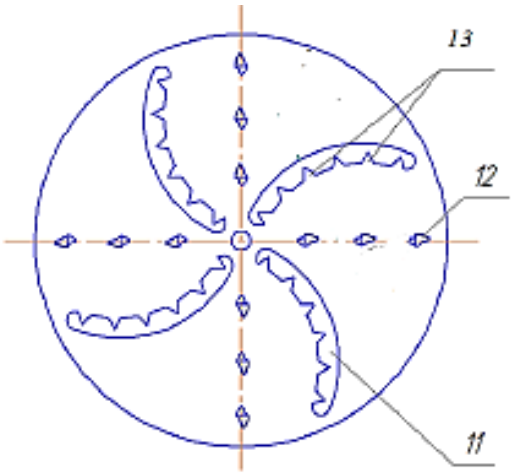


Рис. 2. Подрібнюючий робочий орган: 11 - зубчастий подрібнюючий елемент; 12 - ромбоподібний отвір; 13 - двоплощинний сегмент.

Запропонована конструкція в порівнянні з іншими технічними рішеннями має наступні переваги: рівномірний вплив на матеріал у поздовжньо-поперечних напрямках (багатоплощинне різання); зниження енергоємності процесу за рахунок ковзного різання та транспортування кормів у годівниці або підстилки у стійла повітряним потоком; покращення якості подрібнення; підвищення експлуатаційної надійності та терміну служби.

УДК 631.363:621.928.9:62-83

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗМІШУВАЧА З РОБОЧИМ ОРГАНОМ У ВИГЛЯДІ ШНЕКА

Ільченко А.В., Олійник М.О.
Поліський національний університет

Підбір ефективного технологічного обладнання для змішування концентрованих кормів є складним завданням [1]. Це зумовлено тим, що такі корми складаються з багатьох різних компонентів, кожен із яких має свої унікальні властивості та вимоги до обробки [1, 2, 3]. Крім того, існують суворі стандарти якості, яким ці корми повинні відповідати для забезпечення здоров'я та продуктивності тварин. Тому під час вибору обладнання необхідно враховувати велику кількість факторів, таких як зносостійкість, енергоефективність і здатність до рівномірного змішування інгредієнтів.

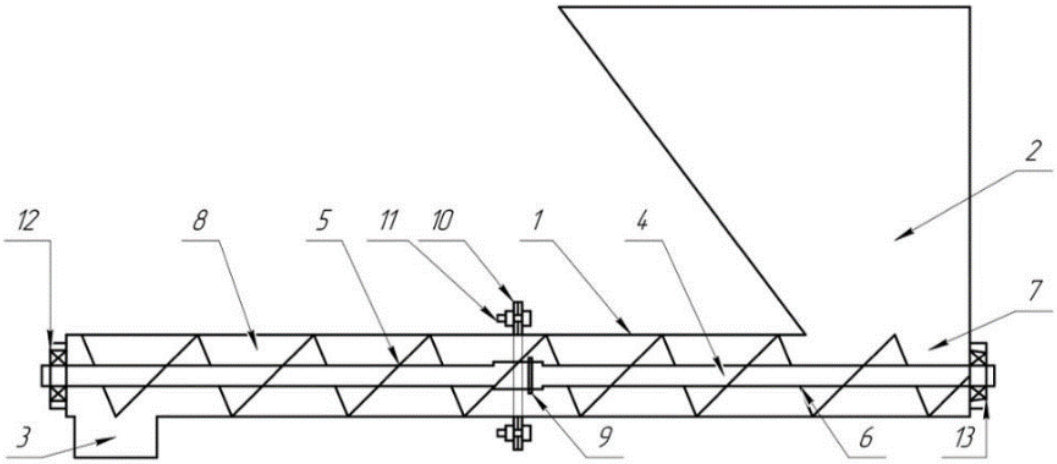


Рис. 1. Схематичне креслення змішувача кормів з робочим органом у вигляді шнека, оснащеного навивкою з циркуляційними отворами.

У зв'язку з цим розроблення та вдосконалення технологічних рішень у цій галузі потребують комплексного та інноваційного підходу.

З урахуванням переваг і недоліків відомих змішувачів було розроблено шнековий змішувач концентрованих кормів.

Змішувач кормів (рис. 1) включає корпус 1, завантажувальний бункер 2 та вивантажувальне вікно 3. У внутрішній порожнині корпусу, виконаного у вигляді труби, встановлено вал 4. На одному кінці вала 4 розміщено мішалку, виконану у вигляді шнека з перфорованою навивкою 5, а на іншому кінці — шнек 6 із гвинтовою навивкою.

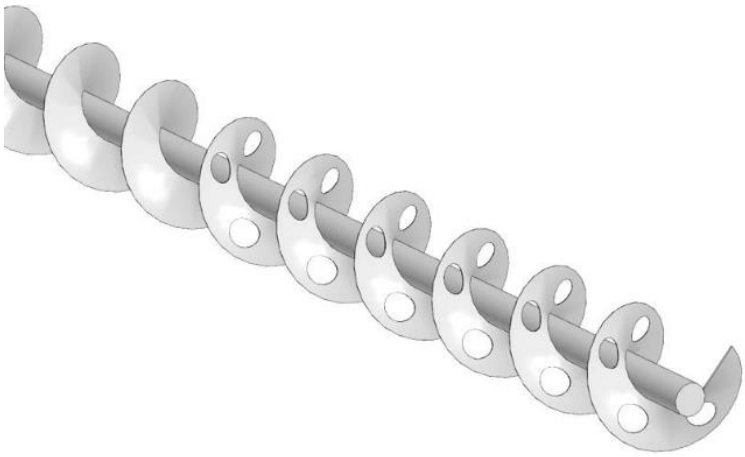


Рис. 2. Тривимірна модель робочого органа змішувача концентрованих кормів.

Корпус 1 поділено на приймальну камеру 7 та робочу камеру 8 відповідно. Розташовані на валу 4 мішалка та шнек 6 з'єднані між собою за допомогою шплінтового з'єднання 9.

Шнек 6 розташований у приймальній камері 7 під завантажувальним бункером 2, а мішалка – у робочій камері 8. Робоча камера 8 і приймальна камера 7 у місці з'єднання шнека 6 з мішалкою на торцях мають фланці 10 для забезпечення болтового з'єднання 11 цих частин корпусу. Вал 4 спирається з боку вивантажувального вікна на радіальний підшипник 12, а з боку бункера — на конічний підшипник 13.

Така конструкція змішувача забезпечує можливість заміни мішалки з іншими параметрами залежно від виду кормів.

Робота змішувача кормів відбувається таким чином:

Корм надходить у завантажувальний бункер 2, звідки потрапляє до приймальної камери 7, у якій розташований шнек 6. Під час його обертання здійснюється первинне перемішування та дозування кормів.

Далі корми надходять у робочу камеру 8, де завдяки пересипанню через перфоровану навивку мішалки 5 створюється турбулентний потік, який забезпечує інтенсивне перемішування кормів і вивантаження готової суміші через вивантажувальне вікно 3.

Запропонована конструкція, порівняно з прототипом та іншими відомими технічними рішеннями, має такі переваги:

– зниження енергоємності процесу;

– підвищення якості змішування кормів завдяки створенню турбулентного руху потоку корму в мішалці.

Запропонована конструкція, у порівнянні з іншими відомими технічними рішеннями, характеризується такими основними перевагами:

– зменшення енергоємності процесу;

– покращення рівномірності змішування кормів;

– створення турбулентного потоку кормової маси в зоні мішалки, що інтенсифікує процес.

Ключові особливості конструкції запропонованого змішувача:

Роздільне виконання мішалки та шнека і їх з'єднання за допомогою гвинтового з'єднання, а також розподіл корпусу на приймальну та робочу камери забезпечує можливість заміни мішалки для змішування кормів різної фракції.

Перфорація витків шнека зменшує металомісткість процесу змішування та сприяє інтенсифікації перемішування, що підвищує однорідність готової суміші.

Основні фактори, що впливають на якість змішування інгредієнтів:

– фізико-механічні властивості інгредієнтів: розміри частинок, вологість, коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя, співвідношення часток компонентів, насипна густина;

– кінематичні параметри: частота обертання шнека;

– конструктивні параметри: радіус шнека, радіус вала, радіус отворів, радіус кола центрів отворів, крок витка шнека, коефіцієнт заповнення каналу, кут атаки витка шнека.

Список використаних джерел

1. Гевко І. Математична модель нелінійних згинних коливань шнека. Вісник ТНТУ. 2012. Том 68. № 4. С.141-154.

2. Ловейкін В. С., Яворська А. В. Математична модель динаміки руху кормозмішувача гвинтового типу. Сільськогосподарські машини, 2011. Випуск 21. С 255-264.

УДК 636.087.7:664.8.037.5

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМІВ

Грабар І.Г., Талько Я.Л.
Поліський національний університет

В основі екструдування лежать два процеси: механохімічна деструкція на всіх етапах обробки кормової суміші та «вибух» або «декомпресійний шок» — на виході. У результаті екструзії відбуваються декстринізація і желатинізація крохмалю, деструкція целюлозно-лігнінових комплексів, стерилізація продукту, утворення мікропористої структури. Склад високоефективних кормів для цінних видів риб (лососевих, осетрових) завжди ґрунтувався на сучасних уявленнях про харчові потреби риб. Такі корми характеризуються високим вмістом протеїнів і жирів, тому

традиційно, протягом досить тривалого часу, їх основою були рибне борошно та риб'ячий жир, які забезпечують легко засвоювані білок і жир. Застосування нових технологій екструдування кормової суміші та підвищеного введення рідких жирів дало змогу збільшити рівень вмісту сирого жиру в кормі та знизити кількість загальних вуглеводів, ступінь засвоєння яких нижчий, ніж у білків і жирів [1].

Жири (ліпіди) порівняно з протеїнами та вуглеводами (безазотистими екстрактивними речовинами) є найконцентрованішим джерелом енергії: під час повного окиснення 1 г сирого жиру виділяється 9,45 ккал теплової енергії. Таке ж кількість протеїну та вуглеводів дає відповідно 5,65 ккал і 4,10 ккал. Розподіл енергії в кормах відрізняється залежно від віку риби: протеїни становлять від 31 до 76 % від загального вмісту енергії, жири — від 17 до 60 %, вуглеводи — від 5 до 29 %. Приклади продукційних кормів західного виробництва наведено в табл. 1. Наведені дані свідчать про суттєві зміни в підходах до формування рецептур кормів для форелі.

Таблиця 1

Склад і показники поживності імпортних продукційних кормів для райдужної форелі, % (за даними з етикеток кормів, 2024 р.).

Інгредієнт	Виробник		
	«BioMar», Данія	«Rehu Raisio», Фінляндія	
Мука рибна	36	44	41
Пшениця	5	10	11
Пшеничний глютен	16	4	3
Пшеничний крохмаль	-	-	2
Соєві боби	8	-	-
Боби кормові	14	-	-
Горох	4	-	-
Соєвий шрот	-	4	4
Соєвий білок	-	8	9
Жир рибий	9	19,5	20
Ріпакова олія	7	4,3	4,4
Премікси	1	4,2	5,6
Сирий протеїн, не менше	43,0	43,0	40,0
Сирий жир, не менше	26,0	28.0	30,0
Сира клітчатка, не більше	1,5	1,0	1,5
Сира зола, не більше	7,5	7,0	6,2

Найбільш значущими елементами ефективного виробництва екструдованих кормів для риб є подрібнення, змішування, екструдування у поєднанні з кондиціюванням кормової суміші, сушіння та фінішне нанесення рідких компонентів. Ті складники, яким необхідно зменшити розмір частинок до потрібної величини, піддаються подрібненню за

допомогою молоткових дробарок. Розмір частинок сировини істотно впливає на текстуру та однорідність кінцевого продукту.

У процесі екструдування використовується широкий спектр ступенів помелу інгредієнтів. Однак бажано, щоб частинки мали однаковий розмір і густину, що, у свою чергу, дозволить підвищити якість екструдованих продуктів. Однорідність частинок сировини забезпечує однорідність кінцевого продукту. Якщо розмір частинок сировини занадто великий, це може призвести до зниження поїдання готового корму рибами. Також важливим є той факт, що однаковий розмір усіх інгредієнтів сприятиме рівномірному розподілу вологи між ними [1].

Згідно з рекомендаціями компанії Wenger (США), для продукційних кормів для риб оптимальним є 100%-й прохід подрібнених частинок крізь сито з розміром отворів 750 мікрон. При цьому ідеальним вважається вміст не менше 70 % частинок розміром від 400 до 450 мікрон [1]. Деякі компоненти не потребують процедури подрібнення. До них належать продукти з дуже малим діаметром частинок (наприклад, пшеничний глютен) і мікрокомпоненти, подрібнення яких може порушити їх якість і стабільність (вітаміни, солі мікроелементів, пробіотичні та пребіотичні комплекси, імуномодулюючі та інші спеціальні добавки). Такі компоненти вводяться безпосередньо у змішувач перед процесом екструдування.

Після змішування використаних сировинних компонентів порції кормової суміші надходять у прекондиціонер, де вони змішуються, нагріваються та зволожуються шляхом упорскування гарячої води (70 ºС) та/або пари. Інтенсивність змішування води й пари, які вводяться в суху суміш компонентів, а також можливість збільшення часу утримування (у процесі прекондиціонування) дозволяють зберігати оптимальний рівень вологості. Підтримання оптимального рівня вологості істотно зменшує зношування обладнання, тому процес прекондиціонування дає можливість підвищувати продуктивність екструдера. На додаток до цього застосовуються рідкі жири (рослинні олії або риб’ячий жир) [2, 3].

У результаті зволоження утворюється тістоподібна суміш із певним ступенем пластичності. За твердженням ряду авторів [2], при вмісті жиру в сухій суміші понад 8 % починають послаблюватися міцність і структурні властивості тістоподібної суміші, знижується її здатність до набухання. Перевищення 17 % жиру в суміші призводить до повного зниження здатності до набухання, а понад 22 % - до втрати міцності кінцевого продукту.

Використання рибного борошна та ряду рослинних компонентів (соняшниковий, соєвий або ріпаковий шрот чи макуха), що містять відносно високий рівень жирів, дає змогу досягати в різних рецептурах кормів вмісту жиру в сухій суміші на рівні 6–9 %, що є близьким до оптимального рівня. Введення до рецептури кормів екструдованої повножирової сої підвищує

відсоток сирого жиру в суміші, але не має негативного впливу на її структуру [1, 2].

Аналіз рецептур кормів іноземного виробництва, представлених на українському ринку показує, що в процесі екструдування можна ефективно використовувати соєві боби, які попередньо піддаються тостуванню з метою усунення антипоживних факторів, а потім подрібнюються.

Крохмаль, що міститься насамперед у зернових культурах або додається у чистому вигляді як вид сировини, за умов високого тиску та високої температури утворює рідкий гель – відбувається процес желатинізації крохмалю. При цьому поглинається значна кількість вологи (гідратація), що, у свою чергу, підвищує в’язкість суміші. Саме крохмаль надає кінцевому продукту такі властивості, як набухання та зв’язування [1].

У кормах для риб крохмаль у чистому вигляді не засвоюється і не має суттєвої поживної цінності. Після проходження процесу желатинізації та зміни вуглеводної структури крохмаль стає одним із джерел енергії. Відсотковий вміст крохмалю може змінюватися залежно від вимог до поживності та об’ємної густини кінцевого продукту. Одним із факторів, що визначає плавучість корму, є високий вміст крохмалю. Мінімальний вміст крохмалю в тонучих кормах для риб становить 10 %, а в плаваючих кормах – понад 12 % [2]. Основним джерелом крохмалю в рецептурах кормів для форелі є пшениця. Також можуть використовуватися пшеничне борошно або нативний (чистий) крохмаль.

Застосування цих компонентів є доцільним під час виробництва кормів із вмістом жиру понад 30 % та вмістом сирого протеїну нижче 38–40 %. Введення зерна пшениці є технологічно найбільш оптимальним, оскільки, окрім крохмалю, пшениця забезпечує до 5 % сирого протеїну від його загального вмісту в кормі та полегшує проходження кормової суміші по технологічній лінії виробництва. Таким чином, одним із основних умов створення рецептури тонучого корму для форелі є визначений відсотковий уміст пшениці, який забезпечує вміст крохмалю в сухій суміші на рівні близько 10 %.

Список використаних джерел

1. Haloyan L., Mruk A., Kucheruk A., Terteryan L. Productive characteristics of age-3 brood brown trout (Salmo trutta) reared in the conditions industrial aquaculture. Рибогосподарська наука України. 2017. No 1(39). P. 64-72.

2. Khater E. S. G., Bahnasawy A. H., Ali S. A. Physical and mechanical properties of fish feed pel- lets. Journal of Food Processing & Technology. 2014. Vol. 5. № 10. P. 1–6.

3. Glen J. R., Rick A. A. New technologies allow for rapid changeovers. Petfood Industry. 2001. V. 43. № 2. P. 4–6.

Секція
Смарт-технології машиновикористання, інженерний менеджмент, технічний сервіс

УДК 631.37, 624.138:613.3

ПРО ПРИЧИНИ БУКСУВАННЯ РУШІЇВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ЗА ЙОГО ПЕРЕСУВАННЯ ПО ПОВЕРХНІ ГРУНТУ І СПОСОБИ БОРОТЬБИ З НИМ

Вожик Ю.Г., Липунов М.І., Панасюк В.І.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. Однією із ключових складових в енергетичному балансі машинно-тракторного агрегата (МТА) є втрати потужності на буксування трактора, які в окремих екстремальних умовах (перезволожений ґрунт, оранка, весняна культивація або дискування, сівба тощо) можуть сягнути до 20 % від ефективної потужності двигуна енергоносія [1]. На сьогодні розробники технічних засобів (ТЗ), що працюють із витратними матеріалами, під час вибору вантажності їхніх бункерів не враховують вплив останньої на буксування рушіїв трактора, що може призвести до значних помилок в розрахунках.

Аналіз останніх досліджень. В роботі [1] наводиться вираз для практичного визначення коефіцієнта буксування трактора. В роботі [2] визначено обмеження з агрономічних міркувань значення буксування для тракторів різного класу. Найбільш ґрунтовно проблема буксування висвітлена в роботі [3], де вона визначалася за логарифмічної залежності від твердості ґрунту, коефіцієнтів опору перекочування та зчеплення трактора, а також ваг трактора та ТЗ, який агрегатується з ним. На основі цих досліджень сформовані рекомендації щодо способів зменшення негативного впливу буксування рушіїв колісного трактора на погіршення структури ґрунту, які необхідно проаналізувати та обґрунтувати найбільш раціональні.

Мета досліджень. Дослідити процес буксування рушіїв колісного трактора в складі МТА за його пересування по поверхні ґрунту та обґрунтувати раціональні способи боротьби з ним.

Результати досліджень. Однією з головних складових балансу споживаної МТА потужності є втрати на буксування рушіїв трактора, які прийнято визначати з виразу [1] :

$$N_б = \delta \eta_{тр} N_e, \quad (1)$$

де $N_б$ – втрати потужності на буксування рушіїв трактора, Вт;

δ – коефіцієнт буксування рушіїв трактора;

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії трактора;

N_e – ефективна потужність двигуна трактора, Вт.

Тобто, втрати потужності на буксування прямопропорційні коефіцієнту буксування.

При енергетичних розрахунках зазвичай приймається усереднене значення коефіцієнта буксування (δ = 0,1), в реальних же умовах, особливо за важкої роботи на перезволожених ґрунтах, оранці, весняній культивації, сівби тощо це значення за необґрунтованості параметрів МТА і неврахуванні умов праці може сягати 0,2 і вище, що, як виходить із виразу (1), призведе до невиправданих втрат потужності трактора, тобто, необхідно мати дані по значенню цього коефіцієнта в кожному конкретному випадку.

Згідно з найбільш прийнятним на даний час рівнянням для визначення значення коефіцієнта буксування, обґрунтованого фахівцями технічного центру компанії Deere & Company [3], воно має наступний вигляд:

$$\delta = P_c\{ln[1/(1 - f_k G_a/\varphi_0 G_T)]\}/P_t,$$

де P_c – тиск рушіїв трактора МТА на ґрунт, МПа;

P_t – твердість ґрунту, МПа;

φ_0 –коефіцієнт зчеплення коліс трактора з ґрунтом;

G_T – вага трактора, Н;

f_k – коефіцієнт опору перекочування трактора;

$G_a = G_т + G_{тз}$ – вага агрегата, Н;

$G_{тз}$ – вага технічного засобу, що агрегатується з трактором, Н.

Після спрощення цей вираз набуде вигляду :

$$\delta = \frac{P_c}{P_t} \ln \frac{1}{1 - \frac{f_k}{\varphi_0} - \frac{f_k G_{тз}}{\varphi_0 G_т}}. \quad (2)$$

Як видно з виразу (2), головною складовою значення коефіцієнта буксування, яку можна змінювати в кожному конкретному випадку, є співвідношення ваг технічного засобу та трактора для його пересування по поверхні ґрунту – $K = G_{тз} / G_т$.

Розглянемо два варіанта функціонування МТА – причіпний і напівпричіпний.

У першому варіанті, який притаманний, головним чином, транспортним агрегатам, вага технічного засобу сприймається винятково його ходовими колесами. А у другому – частина його ваги сприймається трактором через гідрогак задньої навіски. Для першого варіанта формула для визначення коефіцієнта буксування має вигляд рівняння (2).

Приймаючи для першого варіанта $G_T = G_{ТЗ} = 30$ кН; P_c = 0,25 МПа; P_t = 2,0 МПа; φ_0 = 0,5; f_k = 0,2 (пересування по важкому ґрунту – злежана оранка, свіжозоране та культивоване поле) побудували графічну залежність *δ = f(K)* (рис.1, крива 1).

За пересування МТА по стерні (φ_0 = 0,7; f_k = 0,12) ця залежність має вигляд кривої 2.

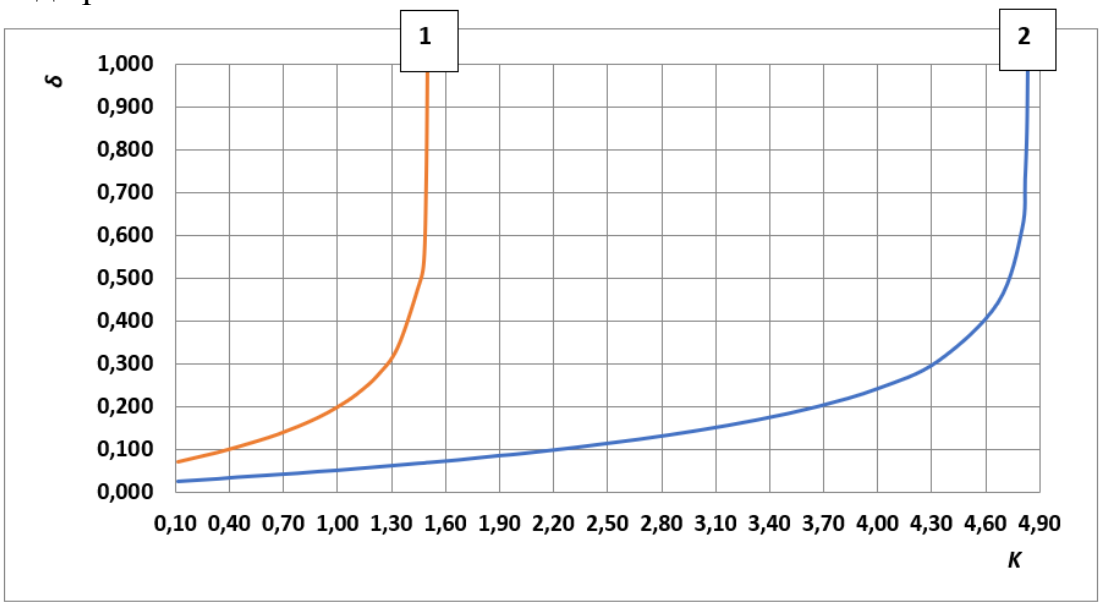


Рис. 1. Залежність коефіцієнта буксування від співвідношення ваг технічного засобу та трактора: 1, 2 – пересування по важкому ґрунту та стерні, відповідно.

Дані рисунка свідчать про те, що за пересування МТА по важкому ґрунту умови, за якими через буксування МТА вже не може рухатися, мають місце тоді, коли співвідношення ваг технічного засобу та трактора перевищує 1,5, а за пересування по більш легкому ґрунту (стерні) – 4,8. Щоб не перевищити за пересування МТА по важкому ґрунту граничного з агрономічних міркувань значення коефіцієнта буксування 0,15, співвідношення ваг технічного засобу та трактора не має бути більше 0,8, а за пересування по більш легкому ґрунту – 3,1.

Для другого варіанта агрегатування МТА, який притаманний більшості випадкам роботи (технічні засоби для сівби, внесення добрив, захисту рослин тощо) залежність для визначення коефіцієнта буксування матиме наступний вигляд:

$$\delta = \frac{P_c}{P_t} \ln \frac{1}{1 - \frac{f_k}{\varphi_0} - \frac{f_k(G_{\text{ТЗ}} - K' G_{\text{ТЗ}})}{\varphi_0 (G_{\text{ез}} + K' G_{\text{ТЗ}})}}. \quad (3)$$

де $K' = G'_{\text{тз}} / G_{\text{тз}}$; $G'_{\text{тз}}$ – вага частини ТЗ, яка сприймається енергоносієм через гідрогак його задньої навіски, Н.

Приймаючи за другого варіанта $G_T = G_{\text{ТЗ}} = 30$ кН; P_c = 0,25 МПа; P_t = 2,0, МПа; φ_0 = 0,5; f_k = 0,2, побудували графічну залежність $\delta = f(K)$ (рис. 2), звідки видно, що перенесення частини ваги технічного засобу на гідрогак задньої навіски трактора зменшує буксування його рушіїв, причому крива $\delta = f(K')$ стрімко падає до значення $K' = 0,15$ (4.5 кН на гідрогаку трактора). Подальше збільшення цього коефіцієнта зменшує буксування

несуттєво. Щоб не перевищити за пересування МТА по важкому ґрунту граничного з агрономічних міркувань значення коефіцієнта буксування у 0,15, показник K' повинен бути не менше 0,31.

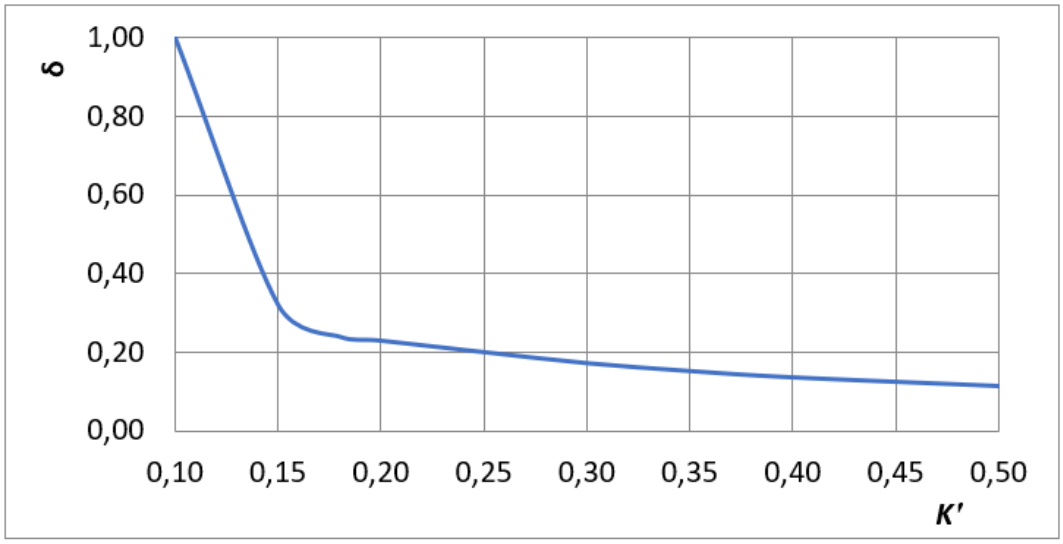


Рис. 2. Залежність коефіцієнта буксування від коефіцієнта K'.

Більш доцільно зменшувати коефіцієнт буксування шляхом використання повноприводного автомобіля, розмістивши на його платформі технічний засіб для внесення добрив, засобів захисту рослин тощо. Таке агрегатування дозволить використати й позитивний ефект від застосування згаданого вище напівпричіпного способу агрегатування ТЗ із трактором, довівши до одиниці відношення частини маси ТЗ, що сприймає задня навіска трактора, до всієї маси ТЗ.

Окрім того, таке агрегатування вивільнить ходові системи ТЗ для внесення добрив, ЗЗР тощо, які агрегатуються з трактором, і в разі їх непотрібності будуть простоювати у вигляді «замороженого» технічного потенціалу.

Висновок. Однією з головних складових для визначення коефіцієнта буксування, якою можна варіювати при виборі вантажності у складі МТА, що працюють з витратними матеріалами, є співвідношення ваг ТЗ і трактора. Найбільш доцільно зменшувати буксування рушіїв трактора шляхом використання в якості останнього повноприводного автомобіля типу КрАЗ.

Список використаних джерел

1. Теоретичне дослідження умов максимально допустимого буксування рушіїв колісних енергетичних засобів / В. В Адамчук, В. М Булгаков, В. Т. Надикто та ін. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 12. С. 40–47. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202212-06.

2. Wismer, R. D., Luth, H. J., (1973). Off-road traction prediction for wheeled vehicles. *Terramechanics* 10, 49–61. https://doi.org/10.1016/0022-4898(73)90014-1.

УДК 631.372/621.7

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І АГРЕГАТІВ

Труханська О.О.
Вінницький національний аграрний університет

Підвищення рівня надійності та збільшення терміну служби машин, вузлів і агрегатів є одним із ключових чинників скорочення витрат на їх відновлення, зменшення тривалості ремонтних робіт та потреби в запасних частинах.

Впровадження сучасних технологій у сільськогосподарське виробництво, а також постійне вдосконалення й ускладнення конструкцій сільськогосподарської техніки є закономірним етапом її технічного прогресу. Проблема підвищення зносостійкості і відновлення деталей машин з підвищеними експлуатаційними характеристиками є актуальною.

Недостатнє технічне забезпечення сільськогосподарського виробництва призводить до несвоєчасного виконання багатьох технологічних операцій і робіт та негативно позначається на результатах господарювання. Особливо яскраво це проявляється на фоні високо і технічно оснащених сільськогосподарських підприємств, які в оптимальні строки з високою якістю виконують сільськогосподарські роботи, забезпечують високий рівень результативності виробництва і продуктивності праці та нижчу собівартість продукції.

Мета - забезпечення якості і технічного рівня машин шляхом відновлення деталей прогресивними методами.

При довготривалому використанні машин зношування деталей супроводжується зниженням експлуатаційних показників, що викликає погіршення якості виробів [1].

Відновлення деталей є технічно обґрунтованим і економічно доцільним заходом, який дозволяє скоротити простої несправної техніки, підвищити ефективність ремонтних робіт і якість технічного обслуговування, а також позитивно впливає на показники надійності машин. Поступове моральне старіння та зменшення машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств знижують рівень використання виробничих потужностей ремонтно-обслуговуючих структур агропромислового комплексу України [1, 3].

Технології відновлення деталей належать до найбільш ресурсозберігаючих, адже порівняно з виготовленням нових елементів вони дозволяють зменшити витрати до 70%. Основним джерелом економії є скорочення витрат на матеріали: якщо при виробництві нових деталей матеріальні витрати становлять 38–40% від загальної собівартості, то при

відновленні — лише 6–7%. Крім того, для відновлення працездатності зношених деталей потрібно у 5–8 разів менше технологічних операцій, ніж при виготовленні нових [2].

Підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств і якості їх продукції неможливе без розвитку науково-технічного прогресу в сільському господарстві. Це забезпечується підвищенням технічного рівня машин, що проектуються та виготовляються у вітчизняному машинобудуванні, а також розширенням ринку інженерно-технічного сервісу. Підвищення технічного рівня машин є еквівалентним збільшенню обсягів виробництва при одночасному зниженні загальних витрат праці, що сприяє не лише підвищенню ефективності, але й зміцненню репутації підприємства.

У сучасних конструкціях техніки застосовуються передові досягнення науки, електроніки, комп'ютерних технологій та використання високоякісних матеріалів, що забезпечують довговічність, надійність і високий рівень сервісного обслуговування [4-6].

Таблиця 1

Шляхи підвищення технічного рівня та якості машин [1]

Шляхи підвищення технічного рівня та якості машин	Стадія			
	Проектування	Виготовлення	Експлуатації	За рахунок орг. заходів
Вибір прогресивного типажу	×	–	–	×
Перехід від універсальних машин до спеціальних	×	–	–	×
Перехід від машин періодичної дії до безупинно діючих	×	–	–	×
Підвищення одиничної потужності (продуктивності)	×	–	–	×
Моделювання, оптимізація конструкції, режимів роботи на ЕОМ	×	–	–	–
Інтенсифікація робочих процесів	×	–	–	–
Перехід на нову конструктивну основу	×	–	–	–
Вибір раціональної кінематичної схеми і компонування вузлів	×	–	–	–
Впровадження науково обґрунтованих запасів міцності виробів	×	–	–	×
Застосування раціональних сортаментів і марок матеріалів	×	×	×	×
Застосування прогресивних конструкторських розв'язань з використанням маловідходної і безвідхідної технології виготовлення	×	×	×	–
Підвищення надійності вузлів, агрегатів, машин	×	×	×	×
Підвищення точності виготовлення деталей	×	×	×	–
Підвищення ефективності застосування стандартів	–	–	–	×
Удосконалювання механізму ціноутворення	–	–	–	×
Удосконалювання системи матеріально-технічного постачання	–	–	–	×
Впровадження дизайну і ергономіки	×	–	–	×
Застосування мікропроцесорної техніки	×	–	–	×

Примітка: „×" технічний рівень підвищується; „–" рівень не підвищується

Виробники досягають підвищення надійності тракторів і сільськогосподарських машин завдяки:

- удосконаленню методів проєктування з використанням комп'ютерних систем і перевірці надійності конструкцій ще до початку серійного виробництва;
- застосуванню перевіреної, надійної елементної бази;
- використанню сучасних конструкційних матеріалів для виготовлення деталей і вузлів;
- удосконаленню технологій виробництва та контролю якості матеріалів і комплектуючих на всіх етапах виготовлення.

Усі напрями підвищення технічного рівня та якості машин і апаратів можна згрупувати таким чином на:

- конструктивні - спрямовані на розробку виробів із високими техніко-економічними показниками;
- технологічні - орієнтовані на забезпечення якості за рахунок застосування прогресивних технологій;
- експлуатаційні - пов'язані зі зниженням трудомісткості та ресурсних витрат під час експлуатації техніки;
- організаційні - включають стандартизацію, економічне стимулювання та інші заходи управління якістю і технічним рівнем машин протягом усього життєвого циклу — від розробки до зняття з виробництва [7].

Аналіз наведених вище шляхів (методів) підвищення технічного рівня і якості машин і апаратів, що досягається на стадіях їх проектування, виготовлення і експлуатації, а також за рахунок організаційних заходів показує, що кожний з них може використовуватися як роздільно, так і в комбінації один з одним. Прогресивним методом відновлення є плазмове напилення, яке не викликає деформації деталі та не потребує значних витрат на механічну обробку.

Метод полягає в тому, що порошковий присаджувальний матеріал подається транспортувальним газом у зону дії плазми, яка, розплавляючи порошок, напилює його на деталь. Спосіб ефективний для отримання нових біметалевих виробів із спеціальними властивостями (жаростійкість, корозійна стійкість і т.п.). Можливість нанесення покриття з різною швидкістю в межах 20-64 (HRC) [8-11].

Причиною, яка зменшує використання цього методу, є більші матеріальні витрати порівняно з іншими.

Розширення технічних ресурсів у даний час повинно здійснюватися за рахунок потужної техніки і забезпечуватися її раціональне використання шляхом укомплектування високопродуктивних тракторів шлейфом відповідних сільськогосподарських машин та створення мережі підрядних

організацій і підприємств, які б на договірних засадах надавали широкий спектр послуг всім категоріям сільськогосподарських товаровиробників у своєчасному та якісному проведенні механізованих робіт.

Незважаючи на поступове відновлення вітчизняного виробництва сільськогосподарської техніки, обсяги її виробництва ще далекі від докризового періоду та нормативного рівня.

Враховуючи постійне зростання потреби у сільськогосподарській техніці, виникає необхідність подальшого зростаючого вітчизняного їх виробництва. Для забезпечення цього мають бути розроблені обґрунтовані комплексні заходи розвитку сільськогосподарського машинобудування з активною участю держави. Підвищення рівня потенціальних можливостей розвитку машинно-тракторного парку аграрних підприємств сприятиме досягненню їх сталого розвитку і конкурентоспроможності на світовому ринку.

Плазмове напилення як сучасний метод відновлення деталей забезпечує відновлення їхніх робочих поверхонь без виникнення деформацій і без потреби у значних витратах на подальшу механічну обробку. Модернізація технологічного процесу дає змогу істотно підвищити якість поверхонь і експлуатаційні характеристики відновлених деталей, а також скоротити тривалість ремонтних робіт. Поступове моральне старіння та зменшення машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств негативно впливають на рівень використання виробничих потужностей ремонтно-обслуговуючих підприємств агропромислового комплексу України. Водночас спостерігається тенденція до підвищення економічної ефективності їх діяльності: близько 25% сервісних підприємств збільшують обсяги виконання ремонтно-відновлювальних робіт, у тому числі відновлення зношених і пошкоджених деталей. Метод плазмового напилення порошковими матеріалами відзначається високою продуктивністю, оскільки за короткий час дозволяє відновити значну кількість деталей, надаючи їм фізико-механічних властивостей, недосяжних іншими способами. Покращена якість відновлених деталей у поєднанні з їх відносно низькою собівартістю сприятиме зростанню попиту та розширенню ринку споживачів.

Список використаних джерел

1. Сідашенко О. І. Ремонт машин та обладнання : підручник. К. Агроосвіта, 2004. 665 с.

2. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2019. 648 с.

3. Труханська О. О. Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. № 3 (102). С. 52-62.

4. Налобіна, О. О., Голотюк, М. В., Шимко, А. В., Бундза, О. З., Мартинюк, В. Л., Пуць, В. С. До питання моделювання надійності сільськогосподарських машин. *Наукові нотатки*. 2024, № 77. С. 115-120.

5. Trukhanska O. Technological methods of increasing wear resistance and durability of details. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2020. № 4 (111). С. 109-115.

8. Trukhanska O. Innovative approaches and methods of increasing the technical level machines and units. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 3 (118). С. 15-18.

9. Денисенко М. І. До питання відновлення та зміцнення деталей робочих органів ґрунтообробної техніки : монографія. Кропивницький : ЦНТУ, 2023.Trukhanska O., Ostapenko O. Improving the organization of centralized restoration of agricultural equipment parts. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.* 2023. № 3 (122). С. 90-95. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-3-10.

10. Trukhanska O., Hadaichuk M. Ensuring reliability and resource conservation coulters discs of grain seeders. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2023. № 3 (110). С. 61-66.

11. Маркович С. І., Мажейка О. Й., Дмитренко О. В. Розробка комплексу обладнання для відновлення та зміцнення деталей сільськогосподарських машин класу «круглий стрижень» із застосуванням комбінованої технології // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2015. Вип. 45, ч. 1. С. 218–222.

УДК 631.37

ІНЕРЦІЙНІ СИЛИ ПРИ ПОВОРОТІ ТРАКТОРА

Чепіжний А.В., Коваленко В.Є., Шутко В.В., Зубко В.М.
Сумський національний аграрний університет

Трактор переміщуючись від пункту відправлення до пункту призначення здійснює складний рух по шляху складної конфігурації. Даний шлях складається з різноманітних прямолінійних та криволінійних ділянок. Для руху в заданому напрямку трактора, використовується органи керування.

Одним з головних параметрів є керованість трактора. Під керованістю розуміють здатність трактора точно зберігати заданий напрям руху, а за умови відповідної дії змінювати його по необхідній траєкторії. При цьому першу властивість трактора називають курсовою стійкістю, а другу – поворотністю трактора.

Різноманітність тракторів та іншої техніки має доволі велику кількість способів повороту. При цьому всі ці способи визначають певну кінематику повороту. Для аналізу нами обрано найбільш розповсюджену схему повороту тракторів – схему повороту з передніми керованими колесами (рис. 1).

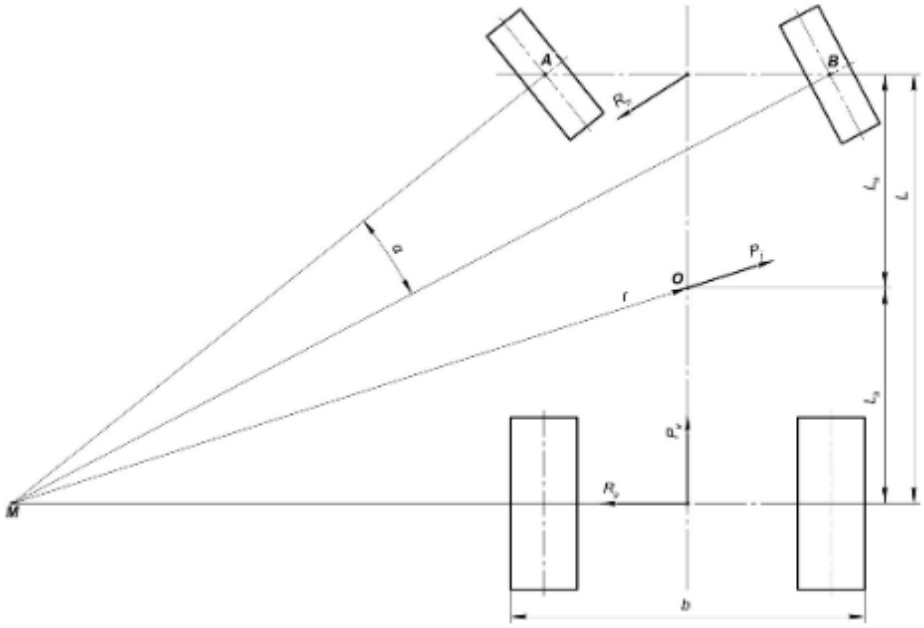


Рис. 1. Схема повороту трактора та сили, які діють на нього.

Питання інерційних сил при повороті трактора є ключовим для розуміння його стійкості, керованості та безпеки роботи, особливо при високих швидкостях або на схилах. Відцентрова сила є головною небезпечною силою, що впливає на стійкість трактора при повороті:

- Зниження поперечної стійкості. Сила P_j намагається перекинути трактор назовні повороту навколо опорних точок зовнішніх коліс. Чим більша швидкість і менший радіус повороту (різкий поворот), тим більша ця сила, і тим вищий ризик перекидання.

- Перерозподіл навантажень. Під дією P_j вертикальне навантаження на внутрішні колеса (ті, що знаходяться ближче до центру повороту) зменшується, а на зовнішні колеса – зростає. Критичний момент настає, коли навантаження на внутрішні колеса стає нульовим, і трактор починає перекидатися.

Для більш чіткого розуміння та визначення сил, що діють на трактор при повороті необхідною умовою є визначення центрів мас: по висоті та по довжині трактора (рис. 2).

З схеми (рис. 3) можна визначити основні інерційні сили. Необхідно також зазначити, що інерційні сили також ускладнюють керованість. При цьому певним чином погіршуються такі параметри, як: бічна сила інерції та знесення (ковзання).

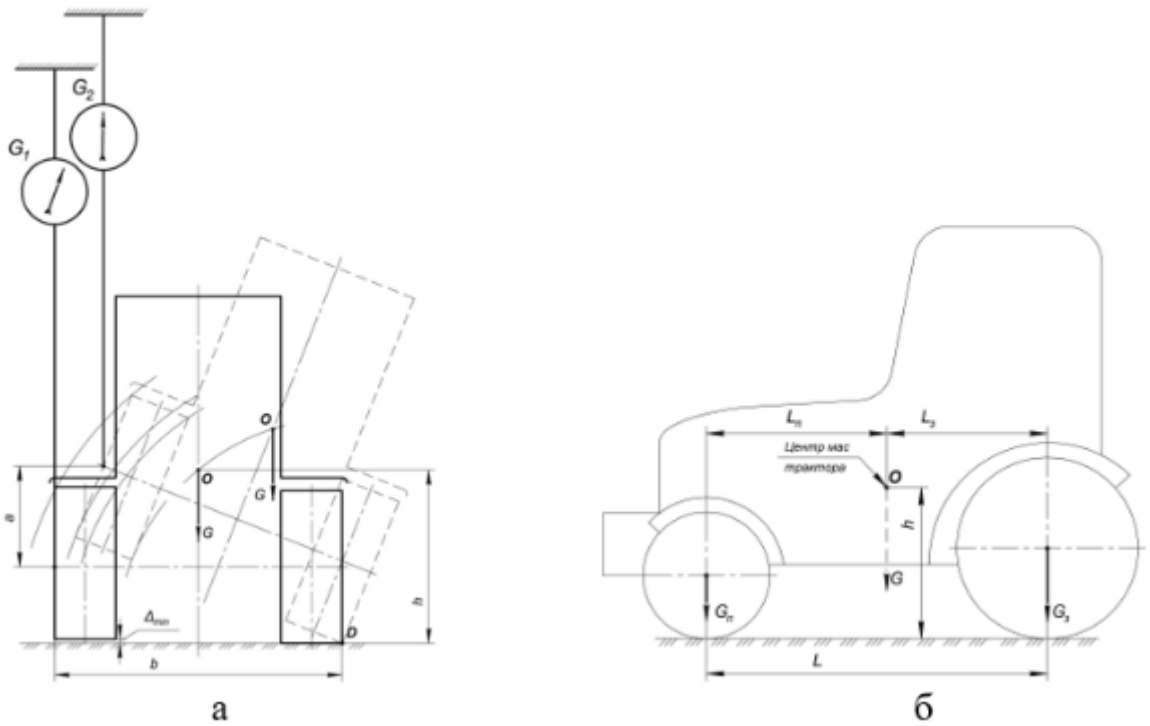


Рис. 2. Визначення центру мас трактора по висоті (а) та по довжині (б).

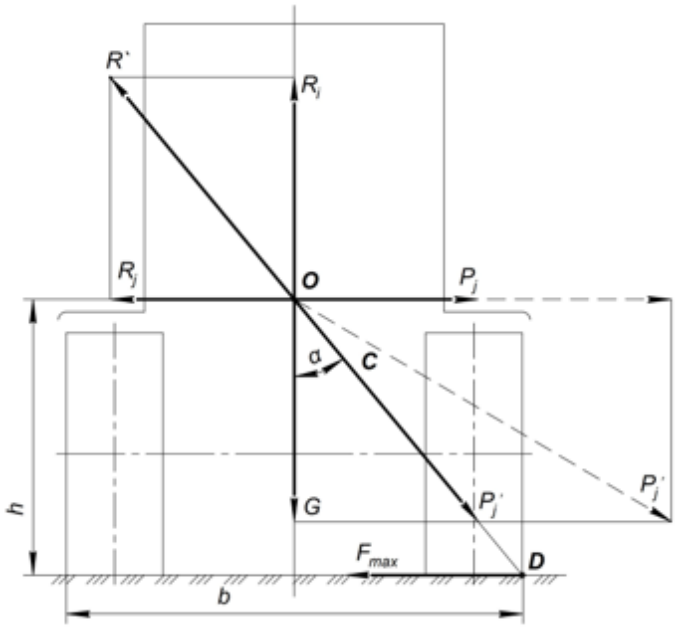


Рис. 3. Сили, які діють на трактор при виконанні повороту.

Так, для виконання повороту необхідна бічна сила зчеплення між шинами та агрофоном, яка протидіє відцентровій силі. Якщо відцентрова сила перевищує максимальну бічну силу зчеплення, колеса починають ковзати (з'являється кут уводу шин), і трактор зносить назовні повороту. Фактичний радіус повороту стає більшим, ніж запланований. Для аналізу наведемо основні залежності для визначення сил, які діють в повороті

трактора. Точка *O* (рис. 2) показує розміщення центру мас трактора. Результатом знаходження центру мас трактора можна виконати загальну побудову схеми дії сил, які діють на трактор в повороті (рис. 3).

Плече моментів сили визначаються з формули:

$$c = \sqrt{h^2 + (0{,}5b)^2} \quad (1)$$

де b – ширина трактора, м;

h – висота розміщення центру мас трактора, м.

Для визначення опору перекочування необхідно знайти реакції в розрахунку за масою трактора з виразу:

$$R`_{oG} = \frac{G}{100} \cdot cos\left(arctg\left(\frac{0{,}5b}{h}\right)\right) \quad (2)$$

де G – вага трактора, кг.

Звідси момент опору перекочування становитиме:

$$M`_oG = R`_{oG} \cdot c \quad (3)$$

Для знаходження реакції за величиною зчеплення з ґрунтом знаходимо з виразу:

$$R`_{oF_{max}} = F_{max} \cdot cos\left(arctg\left(\frac{0{,}5b}{h}\right)\right) \quad (4)$$

де F_{max} – максимальна сила зчеплення ведучого апарату з ґрунтом, кН

Виходячи з рівняння для визначення моменту опору зсуву:

$$M`_oF_{max} = F_{max} \cdot c \quad (5)$$

При цьому момент інерції трактора можна визначити з рівняння:

$$M_{\Pi} = P_j \cdot h \quad (6)$$

Інерційні сили, що діють на трактор в повороті також ускладнюють агрегатування різноманітного обладнання. Так, наприклад, якщо трактор працює з причіпним або навісним обладнанням, інерційні сили цього обладнання також додають навантаження на трактор і можуть спричинити додаткове зміщення центру миттєвого повороту.

Виходячи з цього, нами застосовано дану методику для знаходження стійкості трактора з перевантажувачем під час проведення робіт з транспортування зерна. Також вона враховує виконанні поворотів на складних рельєфах полів, зміну швидкісних режимів руху та з різною завантаженістю перевантажувача .

Список використаних джерел

1. Венцель Є.С., Гончаров В.М. Автомобілі і трактори: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – 102 с.

2. Macmillan, R. H. (2002). The mechanics of tractor-implement performance: theory and worked examples: a textbook for students and engineers. R. H. Macmillan.

3. Лебедєв А.Т. Кваліметрія та метрологічне забезпечення випробувань тракторів: монографія / А. Т. Лебедєв, С. А. Лебедєв, А. І. Коробко; Під. ред. А. Т. Лебедєва. – Х.: вид-во «Міськдрук», 2018. – 394 с.

4. Мигаль В. Д. Експлуатаційні властивості та надійність тракторів: навч. посібник / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк. – Х.: ХНТУСГ, вид-во «Майдан», 2021. – 262 с.

УДК 631.372.6:658.5:004.9

СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ МОБІЛЬНОГО СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Новицький А.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Впровадження новітніх технологічних рішень у сфері сервісної інженерії сільськогосподарських машин і обладнання спрямоване на розвиток мобільних форм технічного обслуговування і ремонту [1, 2]. Використання автоматизованих систем діагностики, мікропроцесорних і мікроконтролерних пристроїв та широкого спектра цифрових сенсорів дозволяє здійснювати віддалений моніторинг технічного стану машин, своєчасно виявляти відхилення у роботі та прогнозувати потребу в сервісному забезпеченні за рахунок технічного обслуговування і ремонту [2, 3]. Це створює умови для швидкого реагування мобільних сервісних бригад безпосередньо у місцях експлуатації техніки. Важливою складовою для забезпечення працездатності та підвищення надійності техніки є наявність нормативно-технічної документації, що регламентує вимоги до її технічного стану та експлуатації [4, 5].

Інтеграція даних за допомогою мережевих технологій та їх подальша обробка сучасними аналітичними методами забезпечують можливість планування виїзних сервісних робіт з високою точністю. Такий підхід дозволяє не лише мінімізувати ризики раптових відмов, а й підвищити ефективність виїзного обслуговування шляхом оптимізації маршрутів, ресурсів та часу виконання робіт.

Інтенсивне впровадження цифровізації та Інтернету речей у сферу мобільного сервісного супроводу здатне суттєво трансформувати систему технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарських машин. Впровадження телематичних систем та інтернет-технологій є фундаментом віддаленого сервісу в аграрному виробництві, дозволяючи проводити моніторинг, діагностувати та навіть частково керувати технікою дистанційно. Це сприятиме формуванню високотехнологічної клієнтоорієнтованої інфраструктури, яка забезпечує оперативне усунення несправностей, підвищення надійності техніки, підвищення її ресурсу та зниження непродуктивних витрат аграрних виробників. Розглянемо

приклади впровадження мобільного сервісу від провідних виробників техніки.

Компанія KUHN використовує систему KUHN i-BIO Service Concept, яка інтегрує телематику та мобільний сервіс, активно розвиває мобільні форми обслуговування через дилерську мережу [6]. Сервісні автомобілі оснащуються необхідними інструментами, діагностичними приладами, базовим набором запасних частин та ремонтних матеріалів. Завдяки телематичним системам KUHN забезпечує дистанційний моніторинг технічного стану кормозмішувачів-роздавачів, розкидачів, грунтообробної та іншої техніки, що дозволяє своєчасно відправляти мобільні бригади для проведення профілактичних або ремонтних робіт безпосередньо в полі або ж на тваринницькій фермі.

Міжнародна компанія John Deere реалізує концепцію *Connected Support*, яка поєднує телематику, систему *JDLink* та аналітичні платформи для віддаленого моніторингу техніки [7]. Це дає можливість сервісним інженерам отримувати повідомлення про потенційні несправності ще до їх виникнення. Мобільні бригади John Deere завдяки цим даним можуть заздалегідь підготувати необхідні деталі та інструменти, що мінімізує час простою техніки клієнтів.

Фірма Claas застосовує систему *CLAAS TELEMATICS* та сервіс *Remote Service*, які дозволяють здійснювати дистанційну діагностику та оперативно спрямовувати мобільні групи сервісу [8]. Спеціалізовані автомобілі мобільного обслуговування обладнані як для усунення відмов, так і ремонтів, для виконання складних регламентних робіт у польових умовах. Це значно підвищує доступність сервісу та скорочує час між виявленням несправності та їх усуненням.

Вагомий внесок у розвиток мобільних сервісних технологій зробили й інші провідні виробники сільськогосподарської техніки. Fendt (AGCO Group) реалізує систему Fendt Connect [9], що дозволяє у режимі реального часу відстежувати параметри роботи тракторів та комбайнів. Концепція Fendt Care передбачає різні рівні сервісних контрактів – від базового технічного супроводу до повного «Full Service», що включає виїзні бригади.

Головна місія сервісної служби New Holland – підтримання техніки у справному стані через мережу дилерів та партнерів у всьому світі для зростання бізнесу клієнтів та успішного розвитку бренду. New Holland (CNH Industrial) використовує телематичну платформу PLM Connect, що забезпечує обмін даними між машинами та сервісними центрами [10]. Телеметрія New Holland PLM забезпечує зв’язок кількома способами, оптимізуючи продуктивність техніки: «Клієнт-Машина»; «Дилер-Машина»; «Експерт-Машина». Сервісна концепція New Holland орієнтована на оперативні мобільні команди, які виїжджають до аграрних господарства клієнтів для виконання технічного обслуговування та усунення відмов.

Компанія Massey Ferguson (AGCO Group) застосовує систему MF Connect, яка дозволяє в режимі онлайн контролювати технічний стан та продуктивність техніки [11]. Massey Ferguson (AGCO Group) реалізує концепцію MF Always Running, яка гарантує клієнтам безперервність роботи, а у разі серйозної несправності мобільний сервіс може забезпечити тимчасову заміну техніки. Сервісні автомобілі Massey Ferguson мають не лише стандартні діагностичні комплекси, але й базу даних для віддаленої перевірки історії обслуговування кожної машини.

Аналіз сучасних підходів провідних виробників сільськогосподарської техніки до організації мобільного сервісного супроводу свідчить про наявність як спільних тенденцій, так і відмінностей у реалізації концепцій сервісної інженерії. Загальною характеристикою для більшості компаній є активне впровадження телематики та цифрових систем віддаленого моніторингу, які виступають ключовими інструментами підвищення ефективності сервісного обслуговування. До найпоширеніших рішень цього напряму належать: KUHN i-BIO Service Concept; JDLink (John Deere); CLAAS TELEMATICS; Fendt Connect; PLM Connect (New Holland); MF Connect (Massey Ferguson). Завдяки використанню сучасних телеметричних систем у сфері сервісного супроводу сільськогосподарської техніки забезпечується низка ключових функцій, які істотно підвищують ефективність експлуатації та надійність машин.

Таким чином, сучасні мобільні концепції сервісної підтримки інтегрують інформаційно-комунікаційні технології у традиційні процеси технічного обслуговування, що зумовлює комплексний позитивний ефект: підвищення надійності та довговічності машин, скорочення часу простою, оптимізацію витрат на ремонт і технічне обслуговування, а також зростання загальної економічної ефективності використання сільськогосподарської техніки.

Список використаних джерел

1. Ружило З. В., Новицький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 223–231.

2. Shykhmat, A. (2024). Agriculture vehicles predictive maintenance. ADVANCES IN CYBER-PHYSICAL SYSTEMS. Vol. 9, No. 2. 134–139. https://doi.org/10.23939/acps2024.02.134/

3. Marques, L. S., Ferraz, G. A. e. S., Moreira Neto, J., Magalhães, R. R., de Lima, D. A., Tsuchida, J. E., & Fuzatto, D. C. (2022). Agricultural Machinery Telemetry: A Bibliometric Analysis. AgriEngineering, 4(4), 939-950. https://doi.org/10.3390/agriengineering4040060

4. Novitskiy A. V., Kharkovskiy I. S., Novitskiy Yu. A. (2021). Monitoring the technical condition of agricultural machinery for guideline materials for its operation. Machinery and Energetics. 12(4), pp. 85–93. http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.085

5. Новицький А. В., Ружило З. В. (2019). Визначення функції готовності систем «людина – машина» при зростанні інтенсивностей відмов. Machinery & energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10, No. 2. P. 89–96.

6. https://www.kuhn.ua

7. https://www.deere.ua/uk/системи-точного-землеробства/віддалене-управління-фермерським-господарством/connectedsupport/

8. https://ats.in.ua/products/telemetriya-claas/113

9. https://zeppelin-agro.com.ua/service/precision-farming-technologies/fendt-connect

10. https://agriculture.newholland.com/uk-ua/ukraine/produkti/plm/Telemetriya

11. https://www.masseyferguson.com/uk_ua/ownership/parts-services.html

УДК 63:621.8:004

КЕЙСИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ АГРОСФЕРИ

Мельник В.І., Лісецький В.О., Ковратовський О.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Цифрові технології, такі як IoT, Big Data, супутниковий моніторинг, 3D-друк, доповнена і віртуальна реальність, змінюють підходи до технічного обслуговування сільськогосподарської техніки: вони забезпечують постійний моніторинг стану машин, прогнозування відмов, локальне виготовлення запчастин та швидке навчання сервісних працівників. Це дозволяє інженеру агросфери переходити від реактивного ремонту до прогнозного та превентивного обслуговування, оптимізувати логістику запчастин і підвищувати доступність техніки під час пік-сезонів.

Прикладом глобального кейсу використання цифрових технологій є використання Operations Center – хмарної платформи John Deere для збору та аналізу телеметрії з машин, управління картами полів, планування робіт і прогнозного обслуговування. Впровадження телеметрії дає змогу інженерному відділу отримувати оперативні діагнози (температура, вібрація, витрата пального), планувати ТО та мінімізувати незаплановані простої.

Запровадження платформи Crop Monitoring від EOS Data Analytics (EOSDA) (Україна) – супутниковий моніторинг і аналітика в Україні забезпечує моніторинг полів, інтеграцію даних Sentinel-2 та інших джерел, а також інструментів для оперативного виявлення проблем з посівами й планування агротехнічних робіт. В Україні компанія запускала ініціативи на підтримку фермерів (наприклад, проєкт «Harvesting Hope»), що демонструє практичну користь супутникової аналітики у воєнних і кризових умовах. За умови інтеграції з телеметрією техніки дані супутникового моніторингу дозволяють оптимізувати маршрути техніки, планувати більш сприятливі вікна для ТО та зменшувати експлуатаційне навантаження на агрегати.

Також LNZ Group (Україна) імплементувала рішення для автоматизації бізнес-процесів, обліку та логістики (наприклад, GrainTrack) для консолідації даних про техніку й логістику. Це підвищує контроль за рухом машин та дозволяє віддалено координувати ремонтні роботи та постачання, забезпечує кращу видимість позиції й стану агрегатів, зменшує час реагування на несправності та оптимізує розподіл сервісних бригад.

Kernel (Україна) впроваджує цифрові інструменти (Digital AgriBusiness, TransitHub) для збору даних по полях, прогнозування врожайності на основі супутникових даних та оптимізації логістики в ланцюгах постачання. Це дозволяє краще планувати технічну експлуатацію та графіки ремонту перед постачанням зерна до елеваторів і портів. Ефект від впровадження отримується за рахунок інтеграції прогнозної аналітики з технічним обслуговуванням, що підвищує ефективність використання машин у періоди пікового навантаження.

Аналітичні дослідження показують активний розвиток агротех-стартапів в Україні (дрони, IoT, платформи моніторингу) – понад декілька десятків компаній й охоплення точними технологіями частини площ, що забезпечує доступ до локальних рішень, полегшує швидку інноваційну інтеграцію і дає змогу інженерам тестувати нові підходи з мінімальними витратами.

Результативність та економічна ефективність впровадження згаданих технологій у агросфері і зокрема у технічному сервісі забезпечується зниженням споживання ресурсів, скороченням незапланованих простоїв технічних засобів, оптимізацією логістики та ТО.

Приклади точкового внесення (маркетингові / кейс-стаді John Deere) демонструють значне зниження витрат на добрива і оцінюються сотнями мільйонів доларів за рахунок повсюдного застосування таких технологій.

Інтегровані IoT-системи й супутниковий моніторинг дозволяють знижувати простої машин завдяки ранній діагностиці; практичні кейси вказують на двозначні відсоткові зниження (залежно від масштабу) або помітну економію в межах підприємства. Автоматизація логістики (GrainTrack, TransitHub) підвищує продуктивність обслуговування й

скорочує час очікування машин у ланцюгах постачання. Поєднання супутникового моніторингу, телеметрії й оптимізації логістики може давати орієнтовну економію в межах десятків тисяч USD на рік для великого агрохолдингу – залежно від розміру парку, інтенсивності використання машин і ступеня автоматизації.

Нижче наведемо шаблон для проведення інженерної оцінки економічного ефекту від впровадження цифрових технологій (табл. 1), який передбачає використання реальних даних підприємства для конкретних розрахунків.

Таблиця 1

Інженерна оцінка економічного ефекту від впровадження цифрових технологій*

Категорія впливу	Вхідні дані (приклад)	Формула / спосіб оцінки	Очікуваний ефект (орієнтовно)
Зниження витрат на добрива	Обсяг добрив, $/т; % скорочення завдяки точній нормі	(обсяг × $/т) × %зниження	до –25–30% (залежно від технології).
Скорочення незапланованих простоїв	Середня вартість простою/день, дні/сезон	дні×вартість ×%зниження	Орієнтовно –8–20% незапланованих простоїв при впровадженні
Логістична оптимізація	Вартість логістики/рік, кількість рейсів	економія за рахунок оптимізації маршрутів	Залежить від масштабу; типово 5–15% економії
Локальне виробництво запчастин (3D-друк)	Вартість доставки/частина, час постачання	скорочення логістичних витрат та часу ремонтування	Час доставки скорочується до годин з тижнів; логістичні витрати –10–20% (залежно від кейсу)

Примітка: відсотки й суми є орієнтовними; для офіційних розрахунків необхідно використовувати внутрішні дані підприємства та первинні джерела по кожному кейсу (Джерело: власна розробка)

Практичними кроками для інженерів агросфери щодо запровадження цифрових технологій мають бути наступні дії:

- інтегрування телеметрії на 5–10 машин з оцінкою змін в простоях і ТО-витратах за один сезон (пілотний проєкт);
- інтегрування джерела даних за схемою: супутниковий моніторинг + телеметрія + облік запасних частин → єдина панель інженерного контролю;

- оцінювання можливості 3D-друку: аналізувати частотність та вартість замовлення критичних пластикових/металевих частин – за високої частоти замовлень 3D-друк може бути економічно виправданий;
- запровадження навчання персоналу, впровадження AR/дистанційних інструкцій для швидшої передачі знань і зниження часу діагностики;
- здійснення фінансового аналізу з використанням запропонованого шаблону для підрахунку внутрішньої норми окупності та часу повернення інвестицій.

Таким чином, поєднання IoT, Big Data і супутникового моніторингу дає реальні можливості для переходу до прогнозного обслуговування та зниження експлуатаційних витрат. Впровадження цифрових рішень потребує коригування інженерних процесів від підтримки даних до логістичного планування і навчання персоналу.

Для остаточної оцінки економічної ефективності кожного проєкту необхідно проводити підприємницько-інженерний аналіз на основі власних даних підприємства.

Список використаних джерел

1. Україна 2030 — країна з розвинутою цифровою економікою. *Український інститут майбутнього*. URL: https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html (дата звернення: 04.08.2025).

2. Industry 4.0 and agriculture. *World Economic Forum*. URL: https://www.weforum.org/stories/fourth-industrial-revolution/ (дата звернення: 04.08.2025).

3. Agriculture's technology future: How connectivity can yield new growth. *McKinsey & Company*. URL: https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/agricultures-connected-future-how-technology-can-yield-new-growth

(дата звернення: 04.08.2025).

4. AI in precision agriculture. *John Deere*. URL: https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/

(дата звернення: 04.08.2025).

5. Пронько, Л. М., Змієвець, Д. В. Використання аграрними підприємствами штучного інтелекту. *Актуальні проблеми економіки*. 2025. № 4 (286). С. 130–138.

6. Хмарні рішення для агросектору: ефективність і надійність. *GigaCloud*. URL: https://gigacloud.ua/solutions/hmara-dlya-agrosektoru/ (дата звернення: 04.08.2025).

7. Шорський, П. О. Сучасний погляд на інформаційно-правове забезпечення цифрової трансформації агропромислового комплексу

України. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2025. № 2. С. 115. — DOI: https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.02.115 (дата звернення: 04.08.2025).

8. Predictive maintenance systems. *Case IH*. URL: https://www.caseih.com/en-us/unitedstates/products/advanced-farming-systems.

9. Новинка CLAAS Connect: управління машинами, управління фермою та цифрові послуги — на одній платформі. *Agroexpert*. URL: https://agroexpert.ua/novynka-claas-connect-upravlinnia-mashynamy-upravlinnia-fermoiu-ta-tsyfrovi-posluhy-na-odnii-platformi/.

10. Доповнена реальність — це технологія змін у вашому агробізнесі: *AgroTimes*. URL: https://www.dafarm.com.ua/tekhnolohiia-dopovnenoi-realnosti-ahrobiznes/ (дата звернення: 04.08.2025).

11. Аналіз даних EOS. Як Sattech готові заощадити агробізнесу. URL: https://eos.com/uk/blog/yak-sattech-dopomahaie-zaoshchadyty-ahrobiznesu/ (дата звернення: 04.08.2025).

12. Горобець Н. М., Хомякова Д. О., Стариковська Д. О. Перспективи використання цифрових технологій в діяльності аграрних підприємств. *Ефективна економіка,* 2021. № 1. DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.1.90 URL: https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/3460/1/92.pdf.

13. Бурдяк, М. І., Томашук, І. В. Загальні аспекти застосування цифрових технологій у діяльності аграрних підприємств. *Управління змінами та інновації*, 2023, № 7. DOI: https://doi.org/10.32782/CMI/2023-7-2. URL: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/2017393.

14. Череп О.Г. 1 , Нагаєць С.В. 2 , Веремєєнко О.О. 3 , Семібратова Є.С. Впровадження сучасних цифрових технологій в аграрному секторі. *ActuAL PRoBLEMS oF EconoMicS*, 2024. № 1 (271). С. 133-139. DOI: 10.32752/1993-6788-2024-1-271-133-139 URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/01/1.24._topic_-Cherep-O.H.-Naha%D1%96ets-S.V.-Veremieienko-%D0%9E.%D0%9E.-Semibratova-Ye.S.-133-139.pdf.

УДК 633.1:681.78

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПІД ЧАС СЕПАРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО ЗОРУ

Степаненко С.П., Кузьмич А.Я.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Контроль якості зерна відіграє ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки та ефективності аграрного виробництва. Традиційні

методи оцінки, зокрема механічне сортування, хімічний аналіз та візуальна оцінка вручну, мають низку недоліків, серед яких низька швидкість, суб'єктивність та необхідність значних трудових ресурсів [1-4].

Одним із перспективних рішень цієї проблеми є застосування машинного зору, який дозволяє автоматизувати процес оцінки якості зерна. Завдяки поєднанню методів комп'ютерного зору та штучного інтелекту, за рахунок чого можна суттєво підвищити точність та швидкість контролю, що особливо важливо для великих виробничих підприємств.

Контроль якості зерна здійснюється за допомогою різних методів, які можна умовно розділити на традиційні та сучасні [4-7]: Традиційні методи - механічне сортування; ручний візуальний аналіз; лабораторні хімічні аналізи**.** Сучасні автоматизовані методи - оптична спектроскопія**;** машинний зір; глибоке навчання**.**

Останні дослідження показують, що системи машинного зору дозволяють підвищити точність аналізу зерна до 96–98%**,** тоді як традиційні методи мають точність у межах 75–85% [8-11].

Переваги та виклики використання машинного зору у контролі якості зерна. Основні переваги машинного зору: Швидкість – можливість аналізувати до тисячі зернин за секунду. Висока точність – здатність розпізнавати навіть незначні дефекти. Автоматизація – зниження потреби у людському факторі та підвищення продуктивності. Гнучкість – можливість налаштування під різні культури (пшениця, кукурудза, рис тощо).

Проте існують і певні виклики: Значна вартість обладнання та програмного забезпечення. Необхідність навчання моделей на великій базі даних. Чутливість до змін зовнішнього освітлення та умов роботи.

Для перевірки ефективності методу машинного зору в контролі якості зерна було проведено експеримент.

Дослідити ефективність машинного зору для виявлення дефектів зерна у порівнянні з традиційними методами це одна з головних задач дослідження.

Запропонована наступна методологія дослідження.

Обладнання: Камера високої роздільної здатності; Освітлення LED для усунення впливу зовнішніх джерел світла; Алгоритм глибокого навчання для аналізу зображень [12, 13]; Дві вибірки зерна (50 000 зернин кожна): одна з використанням машинного зору, друга - ручний аналіз.

Метрика оцінки: Точність розпізнавання дефектів; Швидкість аналізу; Узгодженість результатів із лабораторним аналізом.

Результати. Точність класифікації: Машинний зір – 97,3%; Ручний аналіз – 82,5%.

Швидкість обробки: Машинний зір – 1200 зернин/хв**;** Ручний аналіз – 150 зернин/хв.

Узгодженість із лабораторним аналізом: Машинний зір – 98,5%; Ручний аналіз – 87,2%.

Результати експерименту підтверджують високу ефективність машинного зору в контролі якості зерна. Висока точність розпізнавання дефектів дозволяє мінімізувати ризик помилок та покращити якість продукції. Крім того, значне збільшення швидкості аналізу відкриває можливості для використання цього методу у промислових масштабах.

Машинний зір є перспективною технологією для автоматизації контролю якості зерна в процесах сепарації. Його впровадження дозволяє: підвищити точність та швидкість аналізу; знизити витрати на ручний контроль; оптимізувати процеси сепарації та сортування зерна.

У подальших дослідженнях слід зосередитися на:

Покращенні алгоритмів розпізнавання дефектів за допомогою глибокого навчання.

Оптимізації витрат на впровадження технології для малих та середніх підприємств.

Інтеграції машинного зору із системами Інтернету речей для моніторингу якості зерна в режимі реального часу.

Дослідження виконано в рамках проекту 2023.04/0040, що фінансується Національним фондом досліджень України.

Список використаних джерел

1. Квашук Д. М., Підлужній В. В. Діагностика захворювань рослин з використанням технологій розпізнавання образів в системі економічної безпеки фермерських домогосподарств. *Ефективна економіка*. 2019. № 6. https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.6.66

2. Ruotong, M.U., Liang, W.U. (2023). A research review of global grain harvest losses. *Resources Science*, 45(9): 1789–1800.

3. Stepanenko, S., Kotov, B., Spirin, A., Kucheruk, V. (2022) Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity. Bulletin of the Karaganda University. Physics series, 1 (105), 43-57. DOI: https://doi.org/10.31489/2022PH1/43-57

4. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

5. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition of winter wheat grain mixtures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (2 (136)), 81–92. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124

6. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control

during separation. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

7. Степаненко С.П., Днесь В.І., Борис А.М., Кузьмич А.Я., Волик Д.А. Алгоритм цифрової ідентифікації зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 54. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – С. 153-159. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.153-159

8. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., Швидя В.О. Аналіз безконтактних методів контролю геометричних параметрів зернових матеріалів. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний збірник / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2024. Вип. 5 (119). - С. 105-116. https://doi.org/10.37204/2786-7765-2024-2-11

9. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., Волик Д.А., Кузьмич А.А. Дослідження фізико-механічних та оптичних характеристик зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 54. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – С. 36-47. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.36-46

10. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Швидя В.О. Інноваційні оптично-електронні технології швидкого аналізу зерна в галузі післязбиральної обробки. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 14, т. 1. С.1-13. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-5

УДК 633.1:681.78

СУЧАСНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО ЗОРУ

Степаненко С.П., Днесь В.І., Кузьмич А.Я., Борис А.М.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Автоматизація процесів контролю якості зернових матеріалів є одним із ключових напрямів цифровізації аграрного виробництва. Традиційні методи аналізу, що ґрунтуються на візуальній оцінці людиною або лабораторних дослідженнях, потребують значних трудових і часових ресурсів. Технології машинного зору дають змогу отримати точну, об’єктивну та відтворювану інформацію про стан зернових зразків у режимі

реального часу. Технології машинного зору здатні аналізувати зображення, отримані з камери смартфона, сканера або промислової камери. Це відкриває перспективи створення програмного забезпечення для оперативного контролю зерна без використання складного лабораторного обладнання.

В ІМА АПВ НААН було розроблено програмне забезпечення, з використання нейронних мереж типу YOLO, яке дає змогу розпізнавати зернові матеріали на зображеннях із високою точністю (рис. 1).

Розроблене програмне забезпечення дає змогу:

- Отримати зображення проби зернового матеріалу з різних джерел (попередньо збережений файл, веб-камера, промислова камера) (рис. 2);
- Визначити краї зображення (в автоматичному чи ручному режимі) (рис. 2);
- Проаналізувати пробу зернових матеріалів (визначити вміст цілого та подрібненого зерна, а також домішок) (рис. 1)
- Вести журнал спостережень (рис.1)
- Сформувати звіт за результатами аналізу декількох проб (повторностей) (рис. 3)

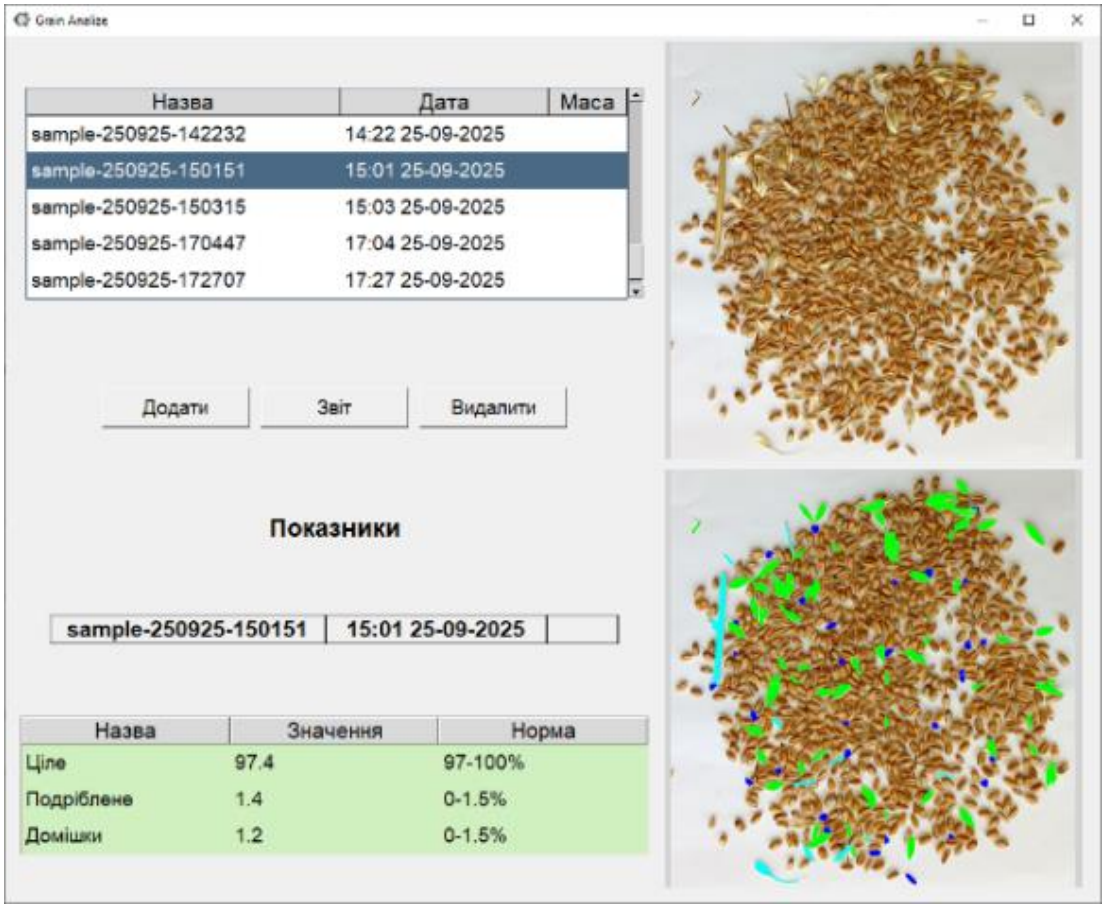


Рис. 1. Інтерфейс програмного забезпечення для аналізу та розпізнавання зернових матеріалів з використанням машинного зору.

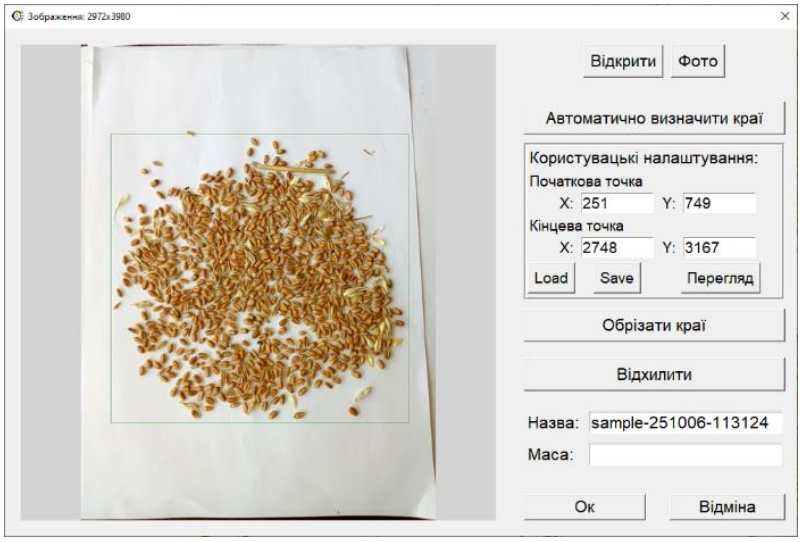
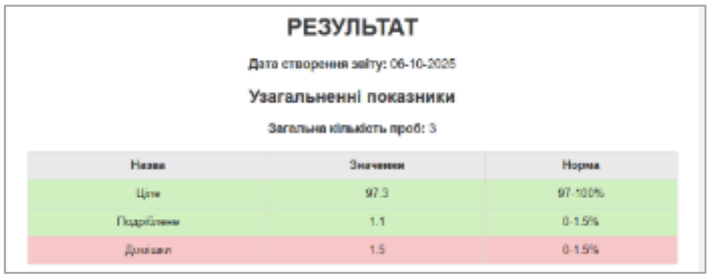


Рис. 2. Діалогове вікно роботи з зображенням проби зернових матеріалів.



РЕЗУЛЬТАТ

Дата створення звіту: 06-10-2025

Узагальненні показники

Загальна кількість проб: 3

Назва	Значення	Норма
Цілі	97.3	97-100%
Подрібнені	1.1	0-1.5%
Домішки	1.5	0-1.5%

Рис. 3. Форма звіту за результатами аналізу декількох проб (повторностей).

Використання розробленого програмного забезпечення дає змогу:

- знизити людський фактор під час визначення якості зерна;
- автоматизувати процес контролю партій;
- формувати цифрові бази зразків для навчання моделей;
- забезпечити інтеграцію з інформаційними системами моніторингу виробництва.

Висновок. Розроблене програмного забезпечення для аналізу та розпізнавання зернових матеріалів з використанням машинного зору сприяє підвищенню ефективності агровиробництва та забезпеченню стабільної якості продукції.

Дослідження виконано в рамках проекту 2023.04/0040, що фінансується Національним фондом досліджень України.

Список використаних джерел

1. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition of winter wheat grain mixtures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (2 (136)), 81–92. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124

2. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

3. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), Vol. 12(1), pp. E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

4. Степаненко С.П., Днесь В.І., Борис А.М., Кузьмич А.Я., Волик Д.А. Алгоритм цифрової ідентифікації зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 54. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – С. 153-159. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.153-159

5. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., Швидя В.О. Аналіз безконтактних методів контролю геометричних параметрів зернових матеріалів. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний збірник / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2024. Вип. 5 (119). - С. 105-116. https://doi.org/10.37204/2786-7765-2024-2-11

6. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Борис А.М., Днесь В.І., Волик Д.А., Кузьмич А.А. Дослідження фізико-механічних та оптичних характеристик зернових матеріалів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 54. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – С. 36-47. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.36-46

7. Степаненко С.П., Кузьмич А.Я., Швидя В.О. Інноваційні оптично-електронні технології швидкого аналізу зерна в галузі післязбиральної обробки. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 14, т. 1. С.1-13. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-5

УДК 621.431

СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛІВ

Білецький В.Р., Боровський І.В.
Поліський національний університет

Існуючі способи відновлення головок блоків циліндрів з тріщинами можна об'єднати в наступні групи: Група способів механічного закладення тріщин. Одним із способів закладення тріщин у цій групі є спосіб фігурних

вставок. «Сутність способу полягає в стягуванні країв тріщини установкою в спеціально підготовлені пази металевих фігурних вставок. Фігурні вставки являють собою циліндри, виготовлені з маловуглецевої сталі методом штампування і з'єднані перемичками. Форма підготовлюваного паза корпусної деталі з тріщиною повинна відповідати формі вставки, тобто паз складається з ряду циліндричних отворів, з'єднаних між собою пропилом по ширині, що дорівнює ширині перемички вставки. Для забезпечення герметичності тріщини вставки запресовуються з використанням епоксидного композиційного матеріалу» (рис. 1).

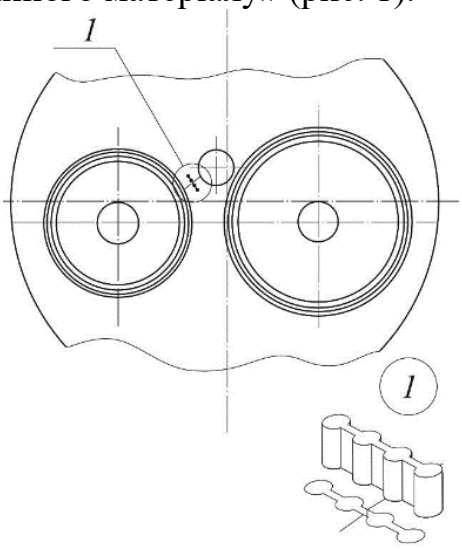


Рис. 1. Спосіб фігурних вставок.

Процес усунення тріщин фігурними вставками полягає в підготовці паза під фігурну вставку, запресуванні фігурної вставки в паз, зачищенні поверхні з вставкою. При підготовці паза під вставку спочатку по накладному кондуктору свердлять отвори перпендикулярно тріщині, а потім видаляють перемички спеціальною прорізкою. Вставки встановлюють на відстані 2,5–4,0·10^{-3} м одна від одної. При довжині тріщини до 4,0·10^{-3} м встановлюють одну вставку. Ефект стягування тріщини досягається через неоднаковість кроків (різниця дорівнює 0,2·10^{-3} м) між просвердленими отворами і елементами вставки.

Як недоліки слід зазначити, що даний спосіб може застосовуватися в головках циліндрів вихрокамерних дизелів, у яких міжклапанні перемички мають достатню ширину. У дизелях з безпосереднім впорскуванням палива типу ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-240Б, А-41, А-01М через особливості конструкції ГЦ можлива установка стягуючої фігурної вставки лише в перемичках у бік випускного клапана.

Другий спосіб у групі заснований на тому, що тріщини можуть бути ліквідовані за допомогою штифтів. Кінці тріщини, визначені «гасовим пробоєм», засвердлюють свердлом діаметром 4–5·10^{-3} м і вздовж тріщини тим же свердлом засвердлюють отвори на відстані 6–7·10^{-3} м. У всіх отворах

нарізають різьбу і в них вгвинчують різьбові штифти з м'якої сталі або міді, які повинні виступати над поверхнею на $1–2·10^{-3}$ м. Після цього засвердлюють отвори між штифтами з перекриттям штифтів не менше ніж на 1/4 діаметра. В отворах нарізають різьбу і вгвинчують в них штифти, обрубувані врівень. Кінці виступаючих штифтів зачеканюють, як показано на рис. 2.

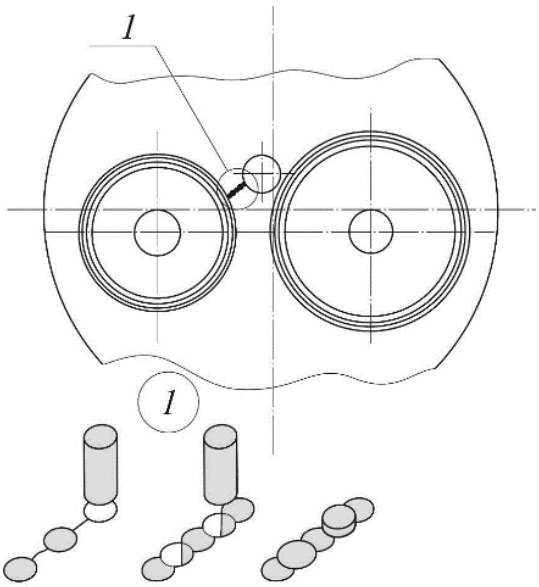


Рис. 2. Спосіб застосування штифтів.

Даний спосіб на практиці застосовується для тріщин невеликої довжини, коли поширення тріщини в довжину можна зупинити, просвердливши її кінці.

Коли тріщина розташована між двома отворами (форсункою і гніздом клапана) спосіб не ефективний.

Також для усунення тріщин може бути застосований спосіб, заснований на використанні фігурних пазів і поєднанні теплових напружень з усадочними деформаціями металів при охолодженні.

Ці операції цього способу виконуються наступним чином: деталь встановлюють на монтажний стіл тріщиною вгору. Потім, відступаючи від кінців тріщини на $4–5·10^{-3}$ м, свердлять отвори на 2/3 товщини стінки діаметром $3,5– 4,5·10^{-3}$ м. Після цього в ремонтованій деталі по обидва боки від тріщини перпендикулярно до неї на одній прямій свердлять ряд отворів діаметром $4,5·10^{-3}$ м під кутом 0,5–5° до вертикальної осі. Перемички між отворами видаляються, в результаті цього виходить фігурний паз.

По обидва боки тріщини, нагріванням газовим пальником, створюються напруги, що змикають тріщину з деяким зусиллям.

У просвердлені отвори заливається розплавлений метал, який за міцністю перевершує метал ремонтованої деталі, і проводять охолодження струменем повітря з крапельками води, що знаходяться в ньому в

підвішеному стані. Розплавлений метал, остигаючи в фігурних пазах, утворює фігурні вставки, які збільшують стягуючі зусилля, створювані напруженнями в основному металі від нагрівання деталі на межі тріщини. Відстань від тріщини до зони нагрівання дорівнює двом товщам деталі, що ремонтується. Даний спосіб відновлення не вимагає застосування точних кондукторів для свердління отворів, проте має ті ж недоліки, що і перший з перерахованих способів відновлення ГЦ і, додатково, при нагріванні через різницю в тепловому розширенні матеріалу ГЦ і матеріалу залитої вставки можливе порушення герметичності з'єднання.

Для закладення тріщин, відколів, прогарів та інших дефектів у корпусних деталях двигуна американська фірма SEAL-LOCK розробила власний метод.

Його суть полягає у створенні зв'язків між з'єднувальними деталями на молекулярному рівні при звичайній температурі. Дана технологія є «холодним зварюванням». Цей процес відомий фахівцям досить давно, проте практичне застосування для масового ремонту автомобільних двигунів він знайшов зовсім недавно. Метод полягає в наступному: локалізуються тріщини магнітним детектором; засвердлюються кінці тріщини для запобігання подальшого її поширення; за допомогою спеціального кондуктора готуються місця поперек тріщини з кроком, згідно з інструкцією ($19 \cdot 10^{-3}$ м), для установки трьох або п'ятидольних «скріпок»; спеціальним рідким зварюванням «FLUID WELD» змащуються посадочні місця; встановлюються три- або п'ятидольні «скріпки» (забиваються молотком); конусним мітчиком готуються місця під конусні різьбові вставки «СЕАЛАНС»; у нарізаний отвір на кілька крапель рідкого зварювання «FLUID WELD» вставляються конусні різьбові вставки «СЕАЛАНС» у підготовлені отвори і затягуються до тих пір, поки їх головки не будуть зрізані; використовуючи пневмомолоток проводиться проковка ремонтної зони.

По суті, цей спосіб - комбінація попередніх способів, фігурних вставок і штифтів, але й недоліки колишніх способів йому також притаманні. Тому, в основному він використовується для закладення тріщин в блоках циліндрів.

Наступна група способів відновлення тріщин в корпусних деталях з чавуну – способи, засновані на принципах зварювання матеріалів. Заварювання тріщин в головках (рис. 3) з сірого чавуну може виконуватися в холодну, електродами з монельметалу МНЧ-І, МНЧ-2 (сплав нікелю, міді, заліза, марганцю), нікелевими прутками ОЗЧ-3, ОЗЧ-4, ОЗЖН-1, ПАНЧ-11, мідними стрижнями ОЗЧ-2 і ОЗЧ-6 діаметром $3–4 \cdot 10^{-3}$ м дугою постійного струму 150А (ділянками $30 \cdot 10^{-3}$ м, які відразу ж проковуються) або з попереднім підігрівом до 873-923К. В останньому випадку зварювання

проводиться ацетилено-кисневим полум'ям чавунними прутками, при цьому флюсом служить бура.

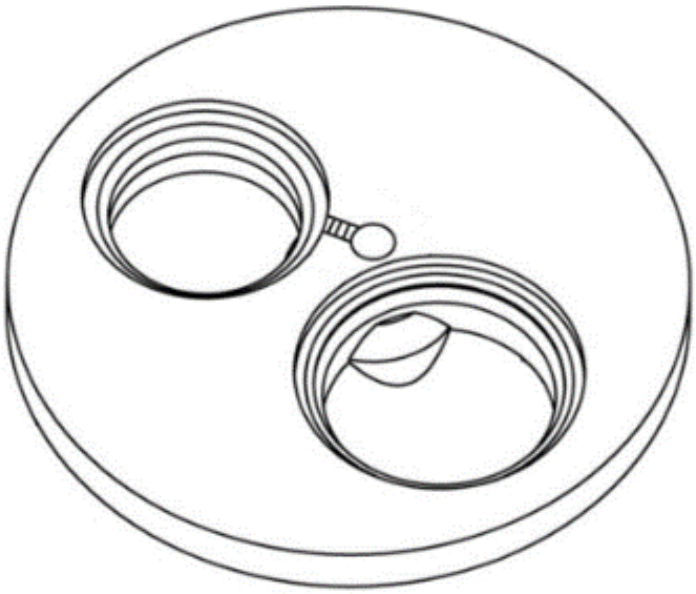


Рис. 3. Спосіб заварювання тріщин.

Відновлення головок з алюмінієвих сплавів проводиться електродами ОЗА-2 на струмі зворотної полярності з розрахунку 35–45 А на один міліметр діаметра електрода. Високу якість робіт забезпечує аргонно-дугове зварювання.

У всіх випадках рекомендується попередній і подальший (після зварювання) нагрів деталі до температури 573К. Способи підготовки тріщини до зварювання наступні: за допомогою пневматичної шліфувальної машини вулканітовим абразивним кругом обробляють тріщину на всю глибину. Ширина обробки тріщини 7–8·10-3 м. Кінець тріщини слід попередньо засвердлити свердлом $5 \cdot 10^{-3}$ м. Після цього проводять заварювання. Зварювання проводять короткою дугою зворотної полярності.

Однак, як показують дослідження термостійкості деталей, відновлених зварюванням, їх термовтомна міцність не перевищує 30 – 35% від рівня термовтомної міцності нової головки циліндрів. Підвищені залишкові напруження після зварювання і збільшення крихкості, що виникає при відбілюванні чавуну в перехідних зонах, призводять до утворення нових тріщин.

Відомі способи, коли утворені при експлуатації термовиснажливі тріщини відновлюються шляхом обробки виробу за допомогою концентрованих джерел енергії (лазерного променя). Відновлення деталей з термовиснажливими тріщинами виконують шляхом оплавлення тріщин джерелом з високою щільністю енергії. При цьому попередньо здійснюють підігрів виробу до температур, що забезпечують формування в околиці

вершини тріщини поля напружень, що визначається коефіцієнтом інтенсивності, меншим, ніж критична величина в'язкості руйнування.

Рис. 4. Спосіб газодинамічного формування металевих покриттів обладнанням ДІМЕТ®.

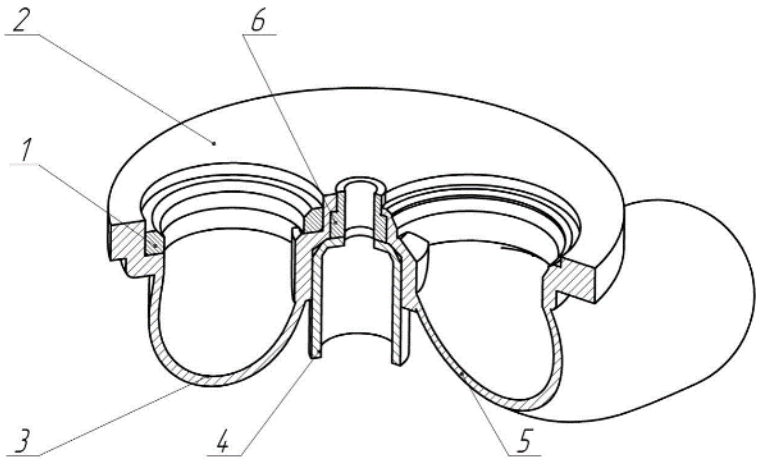


Рис. 5. Армування форсункового отвору втулками з теплопровідного матеріалу: 1 – сідло клапана; 2 – теплоприймаюча поверхня вогневого днища головки блоку циліндрів; 3 – патрубок випускного клапана; 4 – форсунковий стакан; 5 – патрубок впускного клапана; 6 – втулка з теплопровідного матеріалу.

Відновлення головок циліндрів методом газодинамічного формування металевих покриттів обладнанням ДІМЕТ®, засноване на закріпленні твердих металевих частинок, що мають велику кінетичну

енергію, на поверхні підкладки в процесі високошвидкісного удару. Даним способом усуваються мікротечі, невеликі тріщини та інші наскрізні дефекти в алюмінієвих (рис. 4), сталевих, чавунних деталях двигуна (головка блоку циліндрів, блок циліндрів, кришки, кожухи, коробка перемикання передач тощо). Однак, слід зазначити, що в якості наносних порошкових матеріалів використовуються в основному кольорові метали, і даних про довговічність і термовтомну міцність деталей після закладення тріщин в літературі не представлено.

Наступний спосіб відкрив новий напрямок у підходах до вирішення проблеми зниження теплової напруженості міжклапанних перемичок у головках з безпосереднім впорскуванням палива. Це спосіб армування форсункового отвору втулками з теплопровідних матеріалів (рис. 5).

У попередньо розсвердлений спеціальним ступінчастим зенкером форсунковий отвір запресовується втулка з теплопровідного матеріалу (мідь М3). Тріщини малого розміру (до $2 \cdot 10^{-3}$ м) можуть бути виведені при розсвердлюванні. В результаті цієї операції збільшується тепловідвід і вирівнюється температурне поле, знижується термічна напруженість вогневого днища головки блоку в самому теплонапруженому місці. Завдяки цьому розвиток тріщин припиняється, і термостійкість підвищується в 2–3 рази. Але як спосіб відновлення ГЦ з тріщинами він має обмеження. Головки циліндрів з тріщинами $5 \cdot 10^{-3}$ м і більше цим способом відновлювати не доцільно, тому що розвиток тріщини сповільниться, але не зупиниться. Другою причиною обмеження даного способу в застосуванні є його відносна складність і відносна вартість.

УДК 621.45.04

ДОВГОВІЧНІСТЬ АГРЕГАТІВ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Ільченко А.В., Буката Д.О.
Поліський національний університет

Довговічність паливної апаратури сільськогосподарської техніки обумовлена ресурсом її агрегатів. Ефективна робота паливної апаратури визначає основні економічні та потужнісні показники двигуна, стабільність його параметрів, довговічність, рівень створюваного шуму, питомі вагові та об'ємні характеристики, токсичність і димність відпрацьованих газів.

Тверді частинки, при неякісній фільтрації палива, проходять разом з паливом під високим тиском і з великою швидкістю через малі зазори, зношують прецизійні пари, в результаті чого порушується нормальна

робота паливної апаратури, і погіршуються техніко-економічні показники двигуна.

Більшість дослідників вказують на те, що ресурс ПНВТ і паливної апаратури в цілому визначається ресурсом прецизійних деталей – плунжерних пар.

Зношування плунжерної пари ПНВТ в процесі експлуатації викликає зниження потужності дизеля, порушення його нормальної роботи, збільшення інтенсивності зношування кривошипно-шатунного механізму, утворення нагару на поршнях і деталях розпилювачів форсунок, збільшення питомої витрати палива.

З метою зменшення інтенсивності зношування плунжерні пари виготовляють з високовуглецевих легованих і конструкційних сталей і піддають термообробці. Плунжерні пари виготовляють з таких сталей, як 30ХГСА, ШХ15, 38Х2МЮА та ін.

Застосування даних сталей для виробництва плунжерних пар забезпечує їх хорошу оброблюваність, здатність працювати в умовах високих тисків і температур, високу твердість, стійкість до зносу і корозії, збереження стабільності геометричної форми і розмірів.

У зв'язку з незначними зазорами і специфічними умовами роботи плунжерних пар до них пред'являються високі вимоги до допустимих термічних і монтажних деформацій деталей, високої зносостійкості, стабільності розмірів і міцності. Для досягнення цих вимог використовують різні способи термічної обробки (цементація, азотування, гартування, ціанування, нормалізація, відпуск тощо). Всі сталі після термообробки мають практично однакову твердість HRC 55...65.

Зазор в плунжерних парах становить 0,6...2 мкм, що зумовлює високу чутливість деталей до наявності в паливі абразивних частинок, які викликають інтенсивне зношування деталей плунжерної пари і швидкий вихід з ладу.

Плунжерні пари працюють у складних умовах. При цьому мають місце високі тиски і швидкість переміщення робочого середовища, яке містить тверді абразивні частинки різних розмірів.

У дослідженнях встановлено, що знос сполучення плунжерної пари викликають мінеральні частинки, які входять до складу різних забруднень. Дослідження складу даних частинок дозволило визначити, що вони на 90 % складаються з оксидів металів і кварцу. Мікротвердість кварцу – 10300…11000 МПа, а оксиду алюмінію – 12000…13000 МПа, в той час як мікротвердість робочих поверхонь плунжерних пар – 8000…9000 МПа. З чого стає очевидною причина інтенсивного зносу деталей плунжерних пар.

Наявність абразивних частинок у дизельному паливі, співвідношення їх розмірів із зазором у сполученні плунжерної пари, а також висока швидкість руху дизельного палива відносно поверхонь деталей зумовлюють

гідроабразивний знос плунжерних пар та їх абразивне зношування за рахунок затискання частинок у зазорі.

На підставі досліджень встановлено, що абразивне зношування в сполученні плунжерної пари в результаті защемлення абразивних частинок в зазорі виникає тоді, коли розмір частинок більший за зазор в спряжені.

Деякі автори вказують на те, що частки, співмірні з зазором, своїми гострими краями також наносять мікроподряпини на поверхні або деформують поверхневий шар при перекочуванні, а частки, менші за радіальний зазор, в основному проявляють свою дію при гідроабразивному зношуванні. Важливим є той факт, що знос частинками, затиснутими в зазорі, присутній у будь-якій зоні спряжених поверхонь деталей, а гідроабразивному зносу піддаються тільки ті ділянки поверхонь, які контактують з рухомим паливом. В результаті аналізу умов роботи деталей плунжерних пар встановлено, що рух дизельного палива відносно деталей плунжерних пар виникає в момент його просочування через зазори в періоди початку і кінця подачі. Дизельне паливо, при перетіканні, омиває вікна втулки і плунжера. У зв'язку з тим, що нагнітання палива здійснюється на частині ходу плунжера, що становить приблизно 1,5... 5,0 мм (активний хід плунжера), то гідроабразивному зносу, який обумовлюється просочуванням палива, будуть піддаватися малі ділянки поверхонь деталей, співмірні з активним ходом плунжера і примикаючі до кромок.

Відмінною особливістю зношування деталей плунжерних пар є його місцева концентрація на ділянках поверхонь. У втулки зони зношування розташовуються вище впускного і нижче перепускного вікон. У плунжера зони зношування розташовані на поверхнях, які поєднуються під час роботи з зонами зношування втулки.

Величина зносу втулки і плунжера різна. Деякі дослідники вказують на те, що найбільшому зносу піддається ділянка поверхні плунжера, яка примикає до впускного вікна втулки. Глибина місцевої западини у максимально зношеного плунжера досягає 30...35 мкм. Ширина зношеної зони становить 7,5 мм, довжина – 9...10 мм від краю верхнього торця. Менш інтенсивно зношується втулка. Біля краю впускного вікна глибина западини становить 20 мкм. Примітною характеристикою місцевого зносу є те, що западини мають глибину, яка збільшується у напрямку до країв плунжера і втулки, що вирівнює перетин каналів, які утворюються в результаті зношування. Дана особливість зношування вказує на її гідроабразивний характер. В результаті вищевикладеного, механізм зносу плунжерних пар можна представити в наступному вигляді. Під час подачі палива через впускне вікно втулки (рис 1, а) абразивні частинки, які знаходяться в дизельному паливі, викликають знос краю впускного вікна втулки і краю плунжера. У початковий момент нагнітання (рис. 1, б) і при відсіканні подачі (рис. 1, в) тверді абразивні частинки, що рухаються разом з паливом,

наносять мікроподряпини на кромках вікон втулки (на ділянках перекриття вікон) і плунжера та на безпосередньо прилеглих до них зонах поверхонь.

При відсіканні подачі (рис. 1, г) виникає завихрення струменя палива, яке виходить з великою швидкістю в перепускне вікно. В результаті завихрення, окремі струмені дизельного палива, які містять абразивні частинки, вдаряються об поверхню плунжера вище відсічної кромки.

Абразивні частинки, занесені дизельним паливом і затиснуті в зазорі плунжерної пари, призводять до зношування деталей і після відсікання подачі. Таким чином, зношування плунжерних пар є гідроабразивним за своїм характером і супроводжується затисканням абразивних частинок. Процес зношування здійснюється за рахунок рухомого палива і всіх абразивних частинок, що знаходяться в ньому.

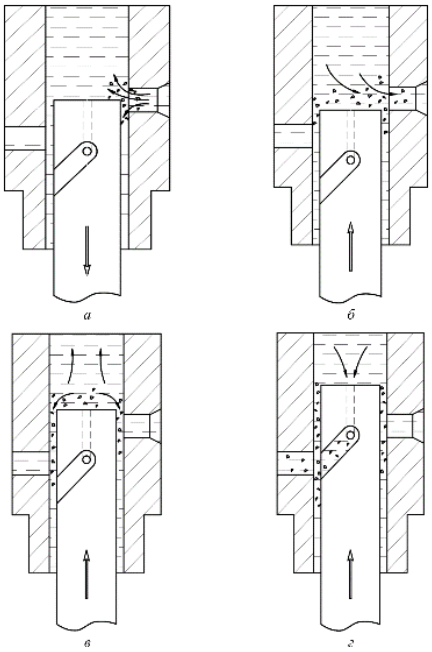


Рис. 1. Механізм зношування плунжерних пар: а – момент подачі палива; б – початковий момент нагнітання; в – момент нагнітання палива; г – момент відсікання подачі.

Це призводить до появи на робочих поверхнях плунжерної пари глибоких борозен (рис. 2).

Крім абразивних частинок на знос плунжерних пар впливає вода, присутня в дизельному паливі, яка сприяє утворенню слабких і сильних електролітів водорозчинних кислот, що є найбільш активними реагентами електрохімічної корозії. Вода і розчинені в ній речовини викликають сильну корозію деталей паливної апаратури і призводять до додаткового забруднення дизельного палива продуктами корозії, відкладенню їх на стінках паливних баків, паливопроводів, потрапляння в зазори прецизійних деталей. Іншим, важливим фактом є погіршення в'язких властивостей

палива, що відбивається на його мастильній здатності. При наявності в паливі емульсійної води значно погіршуються як протизносні, так і протизадирні властивості металу. Вода, потрапляючи в зазор плунжерної пари, порушує паливну плівку, що призводить до безпосереднього контакту спряжених деталей, підвищеного їх зносу і зчеплення тертьових поверхонь.

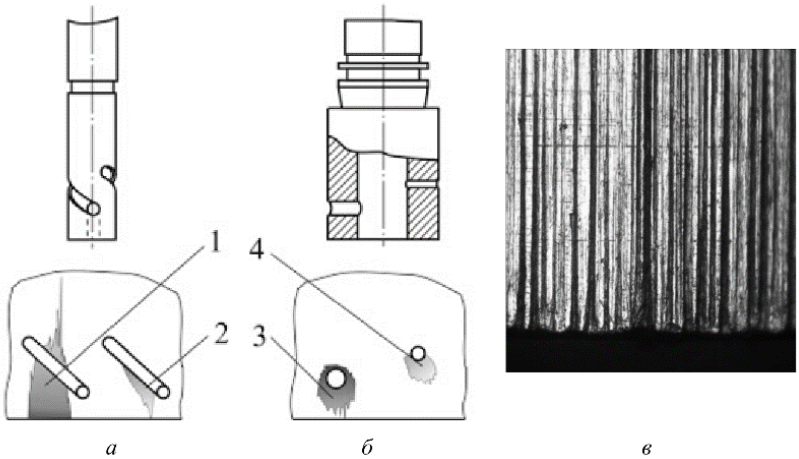


Рис. 2. Місця зносу: а – плунжера, б – втулки; в – зовнішній вигляд зношеної поверхні плунжера (×50); 1, 3 – зони місцевого зносу відповідно плунжера і втулки поблизу впускного вікна; 2, 4 – зони місцевого зносу відповідно плунжера і втулки поблизу відсічного вікна.

Описані механізм і характер зношування дозволяють зробити висновок про те, що знос деталей плунжерних пар носить складний гідроабразивний характер. В середньому втулка зношується в 1,5-2,0 рази менше, ніж плунжер. Максимальна величина зносу плунжера не перевищує 40 мкм. У зв'язку з цим, для підвищення довговічності плунжерних пар при їх відновленні необхідно на поверхні плунжера створити шар товщиною не більше 80 мкм (враховуючи максимальну величину зносу плунжера, втулки і припуски на механічну обробку), що володіє досить високою мікротвердістю, зносостійкістю і корозійною стійкістю.

УДК 631.313.02

АПРОБАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВОЇ БОРОНИ LEMKEN RUBIN

Василенко М.О., Буслаєв Д.О., Калінін О.Є., Кононогов Ю.А.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми. Проблему зниження витрат на придбання запасних частин до ґрунтообробних машин доцільно вирішувати шляхом

відновлення і зміцнення зношених елементів робочих органів шляхом застосування нових матеріалів, створення нових технологічних процесів відновлення, зміцнення та виготовлення робочих органів ґрунтообробних машин. Одним з перспективних напрямків підвищення ресурсних показників робочих органів є застосування технологій електродугового наплавлення лезової частини ріжучих елементів робочих органів, що забезпечує зумовлену твердість і зносостійкість незалежно від термічного циклу об'ємного загартування деталей [1]. Такий метод зміцнення дозволяє підвищити ресурс нових деталей на 35–40%. Зносостійке покриття дозволяє створити сприятливі умови для ефекту самозагострення леза в процесі експлуатації, зменшення товщини ріжучої кромки в порівнянні із серійними робочими органами, що призводить до зменшення витрат на пально-мастильні матеріали внаслідок зменшення тягового опору робочих органів ґрунтообробних машин.

Аналіз останніх досліджень. Автором роботи [2] проведено дослідження з визначення впливу геометричної форми нанесення зносостійкого покриття на поверхню дискових робочих органів виготовлених із сталі 65Г. В результаті чого встановлено, що геометрична форма нанесення зносостійкого покриття не впливає суттєво на підвищення зносостійкості дискових робочих органів і знаходиться в межах статистичної похибки (до 3%). При цьому експериментальні зразки дискових робочих органів, на які нанесено більший об'єм зносостійкого покриття, зношуються менш інтенсивно.

Експериментальні дослідження з виготовлення дискових робочих органів зі сталі марки 30MnB5 дозволили визначити, що для досягнення максимальних значень твердості необхідно виконати нагрів деталі до 850 °С та загартувати у воді. Для забезпечення пружності та в'язкості дисків, рекомендується відпускання при температурі 180 °С [3].

Використання самозахисних дротів ПП-Нп80Х20РЗТ (ПП-АН170), ПП-Нп150Х15РЗТ2 (ПП-АН170М) для зміцнення робочих органів ґрунтообробної техніки дозволяє підвищити їх ресурсні показники у 2-3 рази у порівнянні з індуктивним наплавленням твердим сплавом ПГ-С27 [4].

Мета досліджень. Визначення кількісних характеристик зношування відновлених дискових робочих органів за умови додатково зміцнення їх робочих поверхонь.

Результати досліджень. Виготовлення експериментальних зразків деталей дискових робочих органів із зносостійкими матеріалами в їх конструкції використовували за розробленим технологічним процес в ІМА АПВ НААН. Зношені диски важких борін Lemken Rubin (рис. 1, *а*) обрізали плазморізом Edon Cut – 100. Зуби до експериментальних дисків важких борін Lemken Rubin виготовляли із сталі 30MnB5, які одночасно загострювали та зміцнювали електроконтактним способом оброблення (пат.

України на винахід № 97874 [5]) на установці 01.10.016А (пат. України на винахід № 97298 [6]). Загострені зуби приварювали до остова диска на розробленому пристосуванні, яке забезпечувало необхідне позиціонування зубів відносно остова. Зварені диски важких борін Lemken Rubin додатково зміцнювали зносостійкими електродами за трьома варіантами:

- при першому варіанті виконували точкове зміцнення ріжучої поверхні зуба з кроком 25-26 мм. Загальна кількість точок на диску становила 40 шт, при цьому маса наплавленого зносостійкого покриття в середньому склала 110 г.
- другий варіант зміцнення виконували з використанням точкового зміцнення ріжучої поверхні зуба з кроком 20-21 мм, загальною кількістю точок на диску 48 шт і масою наплавленого зносостійкого покриття в середньому 130 г.
- третій варіант зміцнення виконували шляхом суцільного зміцнення ріжучої поверхні зуба, при цьому маса наплавленого зносостійкого покриття в середньому становила 190 г (рис. 1, *б*).

а) *б)* *в)*

Рис. 1. Загальний вигляд дисків важких борін Lemken Rubin: *а)* зношений; *б)* відновлений; *в)* новий.

а) *б)*

Рис. 2. Загальний вигляд дисків важких борін Lemken Rubin в процесі дослідно-виробничих випробувань: *а)* дискова борона Lemken Rubin 10; *б)* відновлені диски

Виготовлені експериментальні зразки були встановлені на дискову борону Lemken Rubin 10 у агрегаті з 340-сильним трактором (рис. 2, *а*). Дослідно-виробничі випробування проводили з виконанням технологічних операцій на глибину до 15 см із середньою швидкістю 12 км/год.

Після наробітку 2 тис. га (42 га на диск) вимірювали масу кожного зношеного диска (з ціною поділки 10 г) а також його діаметр (з ціною поділки 1 мм). Порівняльні випробування оригінальних і експериментальних зразків дисків борони Lemken Rubin із зносостійкими матеріалами в їх конструкції (рис. 3) показали, що за наробітку 2 тис. га (42 га на диск) оригінальні в середньому зносились на 2,03 кг.

При цьому експериментальні деталі зміцнені за першим варіантом в середньому зносились на 2,99 кг, що на 47,3% більше. За другого варіанту зміцнення маса зношення становить в середньому 2,28 кг, що на 12,3% більше ніж оригінальні деталі. Кращі результати показали деталі зміцнені за третім варіантом, які мають масу зношення в середньому 1,61 кг (рис. 3).

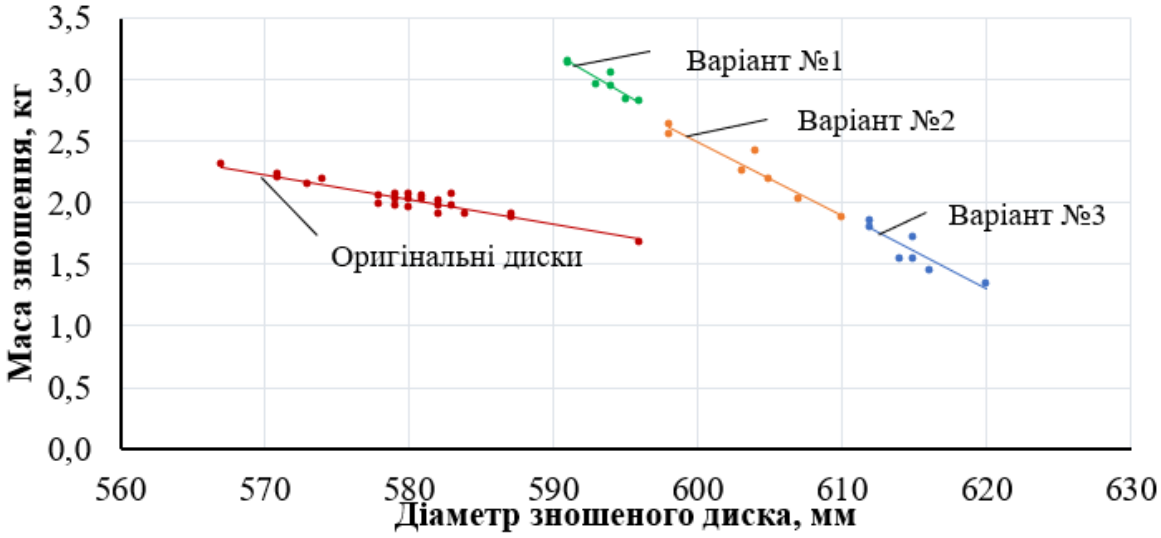


Рис. 3. Вплив способу зміцнення дисків борони Lemken Rubin на зміну залежності між діаметром зношених дисків і масою їх зношення за варіантами 1-3

Висновок. В результаті дослідно-виробничих випробувань дисків борони Lemken Rubin після її наробітку 2 тис.га (42 га на диск) встановлено, що зміцнення найдоцільніше проводити суцільним електродуговим наплавлення силою струму 150 А та масою наплавленого зносостійкого покриття 190-200 г, що дозволяє зменшити масу зношення в середньому на 20,6%, при цьому діаметр зношених дисків в середньому становить 615 мм, що на 6% більше ніж оригінальних дисків.

Список використаних джерел

1. Василенко М.О., Чернявський О.О., Матвійченко В.С., Буслаєв Д.О. Підвищення ресурсу відновлених дискових робочих органів конструктивно-технологічними методами. Механізація та електрифікація сільського

господарства. 2011. Вип. 95. С. 352-361. https://doi.org/10.5281/zenodo.17176223

2. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин: дис. д-ра. техн. наук: 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир, 2021. 380

3. Кропівний В. М., Свірень М. О., Кузик О. В., Амосов В. В., Козловський М. А. Технологічні особливості виготовлення дискових робочих органів ґрунтообробних та посівних машин. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогоссподарських машин.* 2020. Вип. 50. С. 140-151. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.140-151

4. Денисенко М. І. Підвищення технічного ресурсу і довговічності робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2022. Вип. 5 (36). С. 40-47. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.40-47

5. Пат. № 97874 Україна, МПК (2006.01) B23H 9/00, B23H 9/08, B23H 7/26. Спосіб електроконтактного оброблення деталей. М. В. Молодик, М. О. Василенко, О. О. Чернявський, В. С. Матвійченко ; заявник і патентовласник ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». № a201007979; заявл. 25.06.2010; опубл. 26.03.2012, бюл. № 6.

6. Пат. № 97298 Україна, МПК (2006.01) B23H 9/08, B23H 7/26. Установка для електроконтактного оброблення деталей. М. В. Молодик, М. О. Василенко, О. О. Чернявський, В. С. Матвійченко ; заявник і патентовласник ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства». № a201004776; заявл. 21.04.2010; опубл. 25.01.2012, бюл. № 2.

УДК 664.68

ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ ЗАСОБІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ

Добранський С.С., Бучко І.О.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Дослідження присвячене аналізу сучасного стану та перспектив упровадження роботизованих технологій в агропромисловому секторі України. Вивчено їхній вплив на підвищення продуктивності, ефективності та екологічної стійкості сільськогосподарського виробництва.

Робота зосереджується на значенні робототехніки для цифровізації агропромислового комплексу (АПК), який є важливим елементом економіки України завдяки значному внеску в експорт та забезпечення

продовольчої безпеки. У контексті глобальних викликів, таких як зростання конкуренції, кліматичні зміни та підвищення витрат на виробництво, розвиток «розумного» сільського господарства набуває стратегічного значення. Сучасні рішення, зокрема агродрони, автономні трактори та автоматизовані системи збору врожаю, сприяють оптимізації виробничих процесів, зниженню витрат і підвищенню ефективності.

Роботизація зменшує залежність від людської праці, сприяє економії ресурсів і скорочує витрати на робочу силу. Агродрони забезпечують точний моніторинг полів, аналіз ґрунтів і раціональне внесення добрив, обробляючи великі території з високою точністю. Автономна техніка, оснащена GPS і штучним інтелектом, функціонує без участі операторів, а системи точного землеробства, що використовують дані сенсорів, оптимізують процеси сівби, поливу та удобрення. Такі технології дозволяють знизити споживання пального, добрив і пестицидів на 20–30%, підвищити врожайність на 10–15% і зменшити екологічний вплив, зокрема викиди CO_2 та хімічне забруднення. Інтеграція робототехніки з сучасними технологіями сприяє оптимізації посіву, поливу та удобрення завдяки даним, отриманим із сенсорів, що є основою систем точного землеробства [1]. Впровадження робототехніки в агропромисловий комплекс України стикається з низкою труднощів. Висока ціна на обладнання робить його недоступним для малих і середніх фермерських господарств. У сільській місцевості бракує швидкісного інтернету, необхідного для функціонування IT-систем. Ключовими проблемами АПК є дефіцит кваліфікованих кадрів через міграцію, урбанізацію та вплив воєнних дій, зростання вартості ресурсів, нестабільність погодних умов і потреба в екологічно безпечних технологіях. Також відчувається дефіцит фахівців із робототехніки та програмування, здатних обслуговувати сучасні технології. Крім того, відсутність адаптованої нормативної бази гальмує використання автономної техніки та дронів [2].

Майбутній розвиток роботизованих технологій в агропромисловому комплексі України залежить від державної підтримки, включаючи субсидії на придбання техніки, створення кооперативів для спільного використання обладнання та впровадження освітніх програм для підготовки кваліфікованих спеціалістів. Адаптація технологій до найкращих світових стандартів посилить конкурентоспроможність України на глобальному ринку [3].

Висновок. Застосування робототехніки є критично важливим для сталого розвитку агропромислового сектору, але потребує комплексного підходу, що охоплює покращення інфраструктури, реформування законодавства та створення доступних рішень для малих господарств. Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію робототехніки

з іншими цифровими технологіями для максимального використання її можливостей.

Список використаних джерел

1. Добранський С. С., Бучко І. О. Аналіз застосування роботизованих засобів в агропромисловому комплексі України та світі. «Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті» : зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. 2025. Рівне : НУВГП. С. 164 – 169.

2. Добранський С. С., Бучко І. О. Застосування роботизованих засобів в агропромисловому комплексі України. «Технічний прогрес в АПК». Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції. 2025. Харків : С. 500 – 501.

3. Добранський С. С. Застосування роботизованих засобів, як новий етап трансформації в агропромисловому комплексі України. «Стратегічні напрямки розвитку науки, освіти та суспільства». Всеукраїнська науково-практична конференція педагогічних та науково-педагогічних працівників, аспірантів, молодих учених. 2025. Ніжин: С. 135 – 137.

УДК 631

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПОСІВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING

Алещенко Р.О.
Сумський національний аграрний університет

У сучасному сільському господарстві ключовим завданням є не лише збільшення врожайності, а й забезпечення її стабільності за різних кліматичних, ґрунтових та економічних умов. Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку аграрного сектору є впровадження технологій точного землеробства, зокрема інтелектуальних систем для точного контролю посівного процесу. Однією з провідних платформ, яка широко застосовується у передових агропідприємствах, є Precision Planting - набір інноваційних рішень для підвищення точності висіву, контролю робочих органів сівалки, обробки польових даних та зворотного зв’язку в реальному часі.

Суть технології Precision Planting полягає у максимальній адаптації сівалки до умов поля, з урахуванням просторової та часової варіабельності ґрунтів, вологості, твердості, хвилястості поверхні, залишків попередників тощо. Традиційні системи посіву не враховують ці параметри, і працюють за принципом фіксованих налаштувань, незалежно від зміни фізичних

характеристик ґрунту. Це призводить до порушення рівномірності глибини загортання насіння, зниження схожості, формування слабких або запізнілих сходів, нерівномірного розміщення рослин у рядку та втрати потенційної урожайності.

На відміну від звичайного підходу, Precision Planting дозволяє з високою точністю [1] :

- регулювати притискне зусилля посівної секції;
- стабілізувати глибину загортання насіння в умовах змінної твердості ґрунту;
- контролювати реальні умови у борозні (вологість, температура, структура ґрунту);
- оцінювати якість виконання сівби за допомогою індексів розкладки насіння та інших цифрових показників.

Однією з ключових складових Precision Planting є система DeltaForce - інтелектуальний механізм автоматичного регулювання тиску на посівну секцію. Вона замінює традиційні пружини або статичні гідроциліндри, що забезпечують однакове притискне зусилля по всій ширині агрегату, незалежно від реальних умов. Завдяки DeltaForce тиск на кожну секцію сівалки контролюється індивідуально: датчики зчитують інформацію про зміну твердості ґрунту та відповідно змінюють тиск у гідроциліндрі. Це забезпечує стабільне заглиблення сошника на потрібну глибину, навіть за наявності строкатих ділянок на полі [1].

Ще одним інноваційним елементом є SmartFirmer - сенсор, вмонтований у насіннєвий сошник, який аналізує стан борозни в реальному часі. Він фіксує такі параметри, як вологість ґрунту, його температура, органічну речовину, щільність та навіть якість контакту насіння з ґрунтом. Ці дані передаються до бортового комп’ютера, який визначає, чи потрібно змінити норми висіву, внести добрива, чи скорегувати притискне зусилля. Таким чином, фермер має можливість оперативно реагувати на зміну умов, не виходячи з кабіни трактора.

Не менш важливим компонентом є система vDrive - електропривод, що замінює традиційні механічні ланцюгові приводи сівалки. Він забезпечує незалежне керування кожним висівним апаратом, що дозволяє уникати перекриттів та пропусків, забезпечити рівномірну норму висіву при поворотах, сівбі на клинах або змінній швидкості руху трактора. Завдяки цьому досягається значна економія насіння, особливо на полях зі складною конфігурацією.

Окрім технічних переваг, Precision Planting відкриває можливості для глибокої аналітики посівного процесу. Усі дані, зібрані в режимі реального часу, зберігаються та можуть бути використані для побудови карт притискного зусилля, вібрацій, вологості, глибини сівби, щільності борозни тощо. На основі цих карт фермер або агроном може зробити висновки щодо

стану поля, виявити проблемні зони, спрогнозувати розвиток посівів і внести корективи в обробіток, удобрення, зрошення або інші технологічні операції.

Застосування технології точного посіву особливо актуальне за умов нерівномірного зволоження, засоленості, грудкуватості або інших складних ґрунтових умов. Наприклад, на полях із солонцями або переущільненими ділянками, традиційна сівалка не забезпечить стабільну якість посіву. У таких випадках Precision Planting дозволяє підтримувати задані параметри висіву та зменшити негативний вплив агрофону на розвиток культури.

Окрему увагу варто звернути на економічну доцільність застосування цих технологій. Хоча вартість впровадження систем Precision Planting є вищою за класичні рішення, в довгостроковій перспективі інвестиції повністю себе виправдовують за рахунок [2]:

- підвищення врожайності завдяки покращенню якості посіву;
- зменшення витрат на насіння, добрива та паливо;
- оптимізації технологічних процесів;
- зниження кількості повторних проходів, пересіювання або ручного втручання;
- отримання детальної аналітики для прийняття точних агрономічних рішень.

Важливо розуміти, що технологія Precision Planting - це не лише обладнання. Це філософія точного землеробства, де кожна рослина розглядається як окрема одиниця з унікальними потребами. Це перехід від середньостатистичних рішень до адресного підходу, що відповідає світовим тенденціям сталого сільського господарства.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що впровадження системи Precision Planting дає змогу агровиробнику перейти на новий рівень технологічної культури посіву [3]. Це не просто механізація процесу — це інтеграція цифрових технологій, аналітики, сенсорики та автоматизованого управління в реальні польові умови. В умовах зміни клімату, зростання вартості ресурсів та глобальної конкуренції, такі рішення стають не розкішшю, а необхідністю для тих, хто хоче бути на крок попереду.

У найближчі роки Precision Planting, в поєднанні з супутниковим моніторингом, прогнозуванням погоди, агрохімічним аналізом і хмарними сервісами управління господарством, сформує основу нової парадигми агровиробництва, де кожне зерно буде сіяне з точністю до сантиметра - в правильний момент, у правильний ґрунт і на правильну глибину.

Список використаних джерел

1. Граца, Д. Precision Planting виводить сівалку на новий рівень (PrecisionPlantingtakestheplantertoanewlevel). Traktorist.ua.Retrieved May 25, 2025, from https://traktorist.ua/articles/ 889-dmitro-gratsa-precision-planting-vivodit-sivalk u-na-noviy-riven

2. Precision Planting. https://www.smartfarming.ua/smartfarming-ofitsiynyy-dyler-precision-planting-v-ukrayini/?utm_source=chatgpt.com

3. Експерти Precision Planting розповіли, як досягати 99,9% сингуляції при посіві кукурудзи.2020. https://kurkul.com/news/21666-eksperti-precision-planting-rozpovili-yak-dosyagati-999-singulyatsiyi-pri-posivi-kukurudzi

УДК 631

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕРНОВОГО ВИРОБНИЦТВА: РОЛЬ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ

Бездідько Р.В.
Сумський національний аграрний університет

У сучасному сільському господарстві постійно зростає потреба в оптимізації виробничих процесів для забезпечення продовольчої безпеки та підвищення рентабельності. Вирощування зернових культур, як однієї з ключових галузей агропромислового комплексу, потребує впровадження інноваційних рішень, спрямованих на максимізацію врожайності та мінімізацію витрат. В цьому контексті, системи паралельного водіння (СПВ) постають як потужний інструмент для досягнення цих цілей, забезпечуючи високу точність виконання технологічних операцій [1].

Актуальність теми. Традиційні методи вирощування зернових культур часто супроводжуються низкою недоліків, що негативно впливають на загальну ефективність. До них можна віднести [1]:

- Перекриття або пропуски під час обробітку ґрунту, посіву та внесення добрив: це призводить до нераціонального використання пального, добрив, засобів захисту рослин та насіння, а також до зниження врожайності на ділянках з пропусками або, навпаки, до локального надмірного внесення ресурсів.
- Нерівномірність посіву та обробки: людський фактор, втома оператора, погана видимість та нерівності рельєфу можуть призвести до відхилень від оптимальної траєкторії руху техніки.
- Збільшення часових затрат: необхідність постійного контролю за рухом техніки вимагає високої концентрації від оператора, що може призводити до втоми та, як наслідок, до уповільнення темпу роботи.
- Високі експлуатаційні витрати: неефективне використання ресурсів прямо пропорційно збільшує собівартість продукції.

Впровадження СПВ є відповіддю на ці виклики, оскільки дозволяє автоматизувати процес управління рухом сільськогосподарської техніки,

забезпечуючи максимальну точність та ефективність на кожному етапі вирощування зернових.

Принципи роботи [2]. СПВ функціонують на основі супутникових систем навігації (GPS, Galileo, BeiDou) та прецизійних приймачів. Основні компоненти системи включають:

- GPS-приймач: зчитує координати місцезнаходження техніки з високою точністю.
- Дисплей: відображає поточне положення техніки, маршрут руху, оброблену та необроблену ділянки.
- Антенна: приймає супутникові сигнали.
- Система компенсації нахилу (опціонально): забезпечує точність навіть на нерівних полях.
- Автопілот (для повністю автоматичних систем): бере на себе управління кермом техніки, мінімізуючи участь оператора.

Залежно від рівня точності, СПВ можуть бути поділені на:

- Системи з ручним водінням (курсовказівники): оператор контролює рух техніки, орієнтуючись на візуальні підказки на дисплеї. Точність складає від 15-30 см.
- Автоматичні системи (автопілоти): тТехніка рухається по заданій траєкторії повністю автономно. Точність може досягати 2-5 см (RTK-системи) або навіть менше.

Переваги системи паралельного водіння. Впровадження СПВ у технологічні процеси вирощування зернових культур надає значні переваги[3]:

- Завдяки уникненню перекриттів і пропусків, досягається суттєва економія пального (до 15-20%), насіння (до 10%), добрив та засобів захисту рослин (до 15%). Це безпосередньо впливає на зниження собівартості продукції.
- Рівномірне внесення добрив та точний посів створюють оптимальні умови для ростуПідвищення врож рослин, що сприяє збільшенню врожайності до 5-10%.
- Оптимальне використання техніки, зменшення холостих проїздів та перевантажень сприяють продовженню терміну її служби та зниженню витрат на обслуговування.
- Оператор може сконцентруватися на контролі за роботою агрегату, а не на постійному утриманні техніки на заданій траєкторії. Це дозволяє працювати швидше та ефективніше, особливо у нічний час або в умовах обмеженої видимості.
- Висока точність виконання операцій забезпечує оптимальні умови для розвитку культур, що веде до підвищення якості зерна.

- Завдяки точному картування полів та фіксації оброблених ділянок, керівництво господарства може більш ефективно планувати наступні операції та контролювати хід робіт.
- Автоматизація дозволяє нівелювати вплив втоми оператора та його кваліфікації на якість виконання робіт.

Виклики та перспективи. Незважаючи на очевидні переваги, впровадження СПВ може стикатися з певними викликами [3]:

- Висока початкова вартість: особливо це стосується високоточних RTK-систем, що може бути значним бар'єром для малих та середніх господарств. Проте, швидка окупність інвестицій завдяки економії ресурсів робить це вкладення вигідним у довгостроковій перспективі.
- Необхідність навчання персоналу: для ефективного використання СПВ потрібне відповідне навчання операторів та агрономів.
- Залежність від супутникового сигналу**:** втрата сигналу або перешкоди можуть тимчасово знизити точність роботи. Проте, сучасні системи мають резервні канали та інерційні датчики для мінімізації цих проблем.

Перспективи розвитку СПВ пов'язані з подальшою інтеграцією з іншими елементами точного землеробства, такими як системи диференційованого внесення добрив, датчики врожайності, а також безпілотними літальними апаратами для моніторингу посівів. Це дозволить створити повністю інтегровані та автоматизовані системи управління сільськогосподарським виробництвом, що відкриє нові горизонти для підвищення ефективності та стійкості агробізнесу.

Висновок. Впровадження систем паралельного водіння є одним з найбільш ефективних шляхів оптимізації технологічних процесів вирощування зернових культур. Це не просто інструмент для підвищення точності, а комплексна інвестиція у майбутнє сільського господарства, що забезпечує значну економію ресурсів, підвищення врожайності, покращення якості продукції та зменшення впливу людського фактору. У контексті глобальних викликів продовольчої безпеки та необхідності сталого розвитку, СПВ відіграватимуть ключову роль у формуванні високотехнологічного та конкурентоспроможного агропромислового комплексу. Подальші дослідження та практичне впровадження цих систем є запорукою успішного розвитку зернового виробництва в Україні та світі.

Список використаних джерел

1. Mykhaylichenko Y. Digital Farming : tutorial / Y. Mykhaylichenko, O. Derkach, I. Volovyk ; Dnipro State Agrarian and Economic University. – Dnipro : Zhurfond, 2023. – 103 p. – Режим доступу : https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9822

2. Програма паралельного водіння: сучасні рішення для точного землеробства. https://rtk-navigation.com/en/background-information/programa-

paralelnogo-vodinnya-suchasni-rishennya-dlya-tochnogo-zemlerobstva?srsltid=AfmBOoomJD0_OZJpJNbs2hF5lLcWbx5niPfaQqv9pjrfE7m6AgDHjMhC

3. Mukhamedova, K.R.; Cherepkova, N.P.; Korotkov, A.V.; Dagasheva, Z.B.; Tvaronavi˘ciene, M. ˙ Digitalisation of Agricultural Production for Precision Farming: A Case Study. Sustainability 2022, 14, 14802. https://doi.org/10.3390/ su142214802

УДК 631

ТРАНСФОРМАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ: ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАКТОРІВ

Немченко О.П.
Сумський національний аграрний університет

Сільське господарство, як і будь-яка інша галузь, постійно еволюціонує, приймаючи нові технології для підвищення ефективності та продуктивності. Одним із ключових напрямків цієї еволюції є впровадження інтелектуальних систем для моніторингу та управління технікою. В умовах зростаючої інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, безперебійна робота тракторів є критично важливою. Будь-який непередбачений простій техніки призводить до значних фінансових втрат, порушення термінів виконання робіт та зниження врожайності. Традиційні методи діагностики, що базуються на періодичних оглядах та візуальному контролі, вже не відповідають сучасним вимогам. Вони є затратними за часом, потребують кваліфікованого персоналу та часто не дозволяють виявити несправності на ранніх стадіях.

Саме тут на допомогу приходить інноваційна технологія – дистанційна діагностика та прогнозування технічного стану тракторів. Це система, яка поєднує в собі датчики, телематичні пристрої, хмарні обчислення та алгоритми машинного навчання для збору, аналізу та інтерпретації даних про роботу техніки в режимі реального часу. Це не просто віддалений моніторинг, а цілісна екосистема, яка дозволяє перейти від реактивного до проактивного обслуговування.

В основі системи лежить мережа різноманітних датчиків, встановлених на ключових вузлах і агрегатах трактора: двигуні, трансмісії, гідравлічній системі, паливній апаратурі тощо. Ці датчики безперервно знімають параметри роботи, такі як температура, тиск, вібрація, рівень масла, витрата палива та інші. Отримана інформація передається через

телематичний блок (зазвичай з використанням стільникового зв'язку або супутникового каналу) на хмарний сервер.

На сервері дані обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення. Алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту аналізують поточні показники і порівнюють їх з нормативними значеннями та історичними даними. Це дозволяє виявляти будь-які аномалії або відхилення, які можуть свідчити про початок несправності. Наприклад, підвищення температури двигуна, надмірні вібрації, нехарактерні зміни тиску в гідравлічній системі – все це є "маркерами" потенційної поломки.

Найважливішою функцією системи є прогнозування. Завдяки аналізу тенденцій та історичних даних, система може не тільки виявити поточну проблему, але й передбачити, коли вона, ймовірно, перетвориться на серйозну несправність. Наприклад, якщо знос певного підшипника прогресує з певною швидкістю, система може спрогнозувати, що він вийде з ладу через 500 мотогодин, і завчасно попередити оператора або механіка.

Впровадження дистанційної діагностики та прогнозування технічного стану тракторів має безліч переваг, які суттєво впливають на економічну ефективність сільськогосподарського підприємства:

1. Зниження простоїв техніки**.** Це, мабуть, найголовніша перевага. Завчасне виявлення і усунення несправності запобігає непередбачуваним поломкам в розпал сезону, коли кожна година простою коштує дуже дорого. Механіки можуть планувати технічне обслуговування (ТО) заздалегідь, замовляти необхідні запчастини і проводити ремонт у зручний час, мінімізуючи вплив на робочий процес.

2. Оптимізація витрат на обслуговування**.** Замість того, щоб проводити заміну деталей за жорстким графіком, незалежно від їхнього фактичного стану, можна перейти на обслуговування за фактичним станом. Це дозволяє використовувати ресурс компонентів на повну, не переплачуючи за передчасну заміну. Крім того, прогнозування допомагає уникнути вторинних поломок, коли вихід з ладу однієї деталі спричиняє пошкодження інших, більш дорогих вузлів.

3. Зниження витрат пального**.** Аналіз даних про роботу двигуна дозволяє виявити неефективні режими роботи, які призводять до надмірної витрати пального. Це може бути неправильне навантаження, неоптимальні оберти двигуна або проблеми з паливною апаратурою. Система надає рекомендації для оптимізації роботи, що дозволяє суттєво економити на паливі.

4. Підвищення безпеки**.** Контроль над критично важливими параметрами, такими як температура та тиск, допомагає запобігти аварійним ситуаціям, пов'язаним з перегрівом двигуна або виходом з ладу гальмівної системи.

5. Покращення управління парком техніки**.** Керівництво отримує повну картину про стан усіх тракторів, їхню завантаженість, ефективність використання та потреби в обслуговуванні. Це дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення, краще планувати роботи та розподіляти ресурси.

Впровадження таких систем – це складний і багатогранний процес. На даний момент основним викликом є висока вартість обладнання та необхідність інтеграції з наявною технікою. Проте, з розвитком технологій, ціна на датчики та телематичні пристрої знижується, а виробники тракторів все частіше вбудовують ці системи в базову комплектацію.

Майбутнє за повним циклом управління технікою, де дистанційна діагностика стане лише частиною більшої інтегрованої системи, що включатиме автоматичне планування ТО, замовлення запчастин, управління роботою механіків та аналіз ефективності окремих одиниць техніки. Це дозволить аграрним підприємствам не лише економити, а й суттєво підвищувати свою конкурентоспроможність на ринку, перетворивши обслуговування техніки з витратної статті на ефективний інструмент управління. Таким чином, дистанційна діагностика та прогнозування технічного стану тракторів – це не просто модна тенденція, а необхідний крок до цифровізації сільського господарства, що відкриває нові можливості для сталого та прибуткового ведення бізнесу.

Список використаних джерел

1. Agriculture Equipment Telematics: 7 Ways to Boost Farming. Farmonaut Technologies Pvt. Ltd. [Електронне джерело]. Режим доступу: https://farmonaut.com/precision-farming/agriculture-equipment-telematics-7-ways-to-boost-farming?utm_source=chatgpt.com

2. Anton Shykhmat, Zenoviy Veres .Agriculture Vehicles Predictive Maintenance With Telemetry, Maintenance History and Geospatial Data ACPS. Vol. 9, No. 2, 2024: pp. 134 – 139 https://doi.org/10.23939/acps2024.02.134

УДК 631.354.2

СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИМИ КОМБАЙНАМИ

Кузьмич А.Я., Анеляк М.М.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Сучасні зернозбиральні комбайни оснащуються системами контролю та програмного управління, що значно підвищує ефективність і продуктивність збирання, мінімізуючи втрати. Ці системи інтегрують різні технології, що дозволяють автоматизувати процеси, оптимізувати

налаштування машини та відстежувати її роботу в реальному часі. Прикладами таких систем є CEMOS від CLAAS або Auto Maintain від John Deere. Вони автоматично налаштовують ключові параметри, такі як:частота обертання молотильного барабана та швидкість руху; зазори підбарабання і швидкість обертання вентилятора; налаштування жатки (висота, нахил).

Ці системи аналізують вхідні дані від численних датчиків (наприклад, датчиків втрат зерна) і пропонують оптимальні параметри або навіть самостійно їх змінюють, щоб мінімізувати втрати, підвищити чистоту зерна та максимізувати продуктивність [1]. Деякі з них мають функцію "самонавчання" і здатні адаптуватися до мінливих умов роботи. Незважаючи на значні досягнення, в процесі збирання врожаю залишається критична прогалина. Існуючі комбайни, навіть оснащені сучасними системами, все ще вимагають постійного налаштування, яке значною мірою залежить від досвіду оператора. Ручне регулювання, хоча й може бути ефективним для досвідчених операторів протягом короткого часу, часто є нестабільним протягом тривалого робочого дня та не може забезпечити постійну високу якість. Це створює нагальну потребу в розробці автоматизованої системи, здатної автономно та в режимі реального часу оптимізувати налаштування комбайна для мінімізації пошкоджень.

Впровадження системи автоматизації регулювання комбайна вимагає ретельного підходу до вибору як апаратного, так і програмного забезпечення, що працюватиме в умовах реального часу. Модель об'єктної детекції YOLOv11, є оптимальною моделлю для такої системи завдяки її продуктивності та архітектурній універсальності, що охоплює різні задачі комп'ютерного зору.

Ключовим аспектом для реалізації є концепція периферійних обчислень, яка дозволяє обробляти дані безпосередньо на комбайні, уникаючи затримок та залежності від нестабільного мобільного зв'язку в польових умовах. Для цієї мети найкраще підходять платформи NVIDIA Jetson, розроблені спеціально для роботи з AI на периферійних пристроях. NVIDIA Jetson AGX Orin вже зарекомендувала себе в сільськогосподарських системах завдяки своїм потужним обчислювальним можливостям та енергоефективності. Висока продуктивність є критично важливою для ефективного запуску YOLOv11 і дозволяє обробляти складні багатозадачні робочі процеси в реальному часі, що є необхідним для інтелектуального керування комбайном.

Система також повинна бути обладнана спеціалізованими сенсорами. Хоча стандартні камери можуть захоплювати зображення, вони часто не можуть надійно працювати в екстремальних умовах збирання врожаю, що характеризуються пилом, вібрацією та змінним освітленням. Тому доцільно використовувати промислові камери, які мають захищений корпус, стійкі до

вібрації та можуть бути оснащені системами підігріву для запобігання запотіванню в умовах різких температурних змін.

Для подолання обмежень можна застосувати комплексний підхід. По-перше, необхідно створити власний невеликий набір даних, що фіксуватиме зображення безпосередньо в комбайні. По-друге, цей набір даних може бути значно розширений за допомогою передових методів аугментації та синтетичних даних, створених за допомогою генеративних моделей штучного інтелекту. Застосовуючи такі моделі, можна синтезувати зображення, що імітують різні рівні пилу, вібрації та освітлення, тим самим тренуючи модель бути більш стійкою до цих умов, не вимагаючи збору величезного обсягу даних з поля. Цей підхід дозволяє перетворити проблему нестачі даних на контрольоване завдання з їх «розумного» генерування.

В інституті механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН розроблено метод та програмне забезпечення для визначення фракційного складу зернових сумішей озимої пшениці за допомогою методів комп'ютерного зору та глибокого навчання [2]. Тестування моделей на реальних зображеннях засвідчили високий рівень детекції об’єктів зернової суміші. Приведені рекомендації, які дозволяють обґрунтовано вибирати архітектуру YOLO-seg для визначення фракційного складу на обчислювальних пристроях, забезпечуючи оптимальний баланс між точністю, швидкістю та ефективним використанням ресурсів. Це значно знижує ризики неефективного розгортання та прискорює впровадження систем в сільському господарстві [3].

Отже, використання YOLOv11 забезпечує якісно новий рівень точності та швидкості, що дозволить створити надійну систему контролю та автоматизації комбайнів, що значно підвищить ефективність та точність регулювання зернозбирального комбайна.

Список використаних джерел

1. Chen, Z., Qian, Z., Jin, C., & Yang, T. (2025). Research Progress on Control Algorithms for Grain Combine Harvesters. *Applied Sciences*, 15(16), 9176. https://doi.org/10.3390/app15169176

2. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Kharchenko, S., Borys, A., Dnes, V., Volyk, D., Kalinichenko, R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), 12(1), E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

3. Stepanenko, S., Kuzmych, A., Borys, A., Dnes, V., Kharchenko, S., Rogovskii, I., Golub, G., Berezovyi, M., & Lutsiuk, A. (2025). Substantiating the YOLO11 architecture for determining the fractional composition of winter wheat grain mixtures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(2 (136), 81–92. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.338124

УДК 621.436

ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДВОФАЗНОГО ЗМІШУВАННЯ В ДИЗЕЛЯХ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

Савченко В.М., Диняк О.В.
Поліський національний університет

Найпоширенішим технічним засобом для подачі паливного активатора в першій фазі змішування є карбюратор, змішувальна камера якого сполучається з впускним трубопроводом дизеля. Одна з таких систем показана на рис. 1. Доза активатора, що подається в першій фазі змішування, змінюється за рахунок розрідження у впускному трубопроводі 5 при зміні положення дросельної заслінки карбюратора 6.

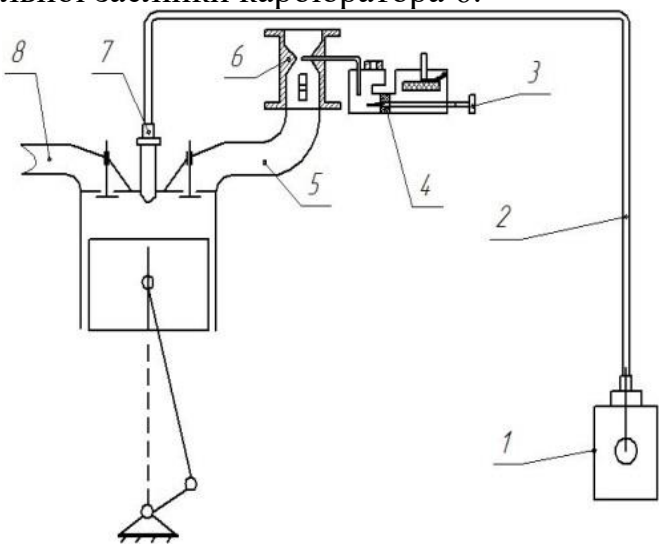


Рис. 1. Система живлення дизеля, оснащеного карбюратором для подачі активатора в першій фазі двофазного змішування: 1 – насос подачі основного палива; 2 – паливопровід високого тиску; 3 – регулювальний гвинт складу активаторно-повітряної суміші; 4 – жиклер; 5 – канал впуску повітря; 6 – дифузор; 7 – форсунка вприскування основного палива; 8 – випускний трубопровід.

У Румунії проводилися дослідження дизеля, в якому двофазне змішування здійснювалося за допомогою карбюратора, оснащеного генератором ультразвукового випромінювання (рис. 2). В результаті досліджень було досягнуто деяке підвищення ККД двигуна і зниження вмісту оксидів азоту в ОГ. Однак, автори не запропонували практично реалізованого пристрою, оскільки при проведенні експерименту управління подачею активатора (етилового спирту) здійснювали вручну впливом на дросельну заслінку карбюратора.

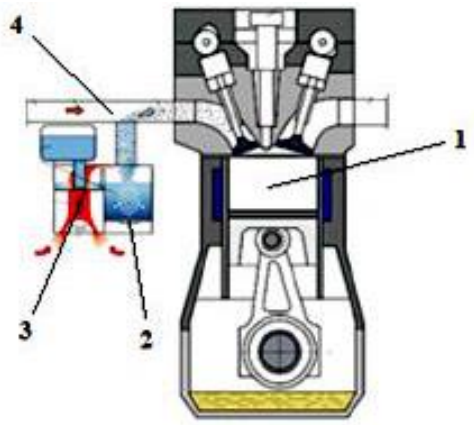


Рис. 2. Схема подачі активатора в дизель за допомогою карбюратора, оснащеного пристроєм для ультразвукової обробки активатора: 1 – дизель; 2 – ультразвуковий випромінювач; 3 – карбюратор; 4 – впускний трубопровід.

На рис. 3 представлена схема паливної системи з роздільною подачею двох активаторів – спирту і дизельного палива. Паливна система дизеля 1 складається з паливоподаючої форсунки 2 для основної дози палива, ПНВТ 3, фільтрів 4, додаткового підкачувального насоса 5, додаткового паливопроводу 6, форсунки 8 з клапаном 7, розміщеним у впускному трубопроводі 9, впускного клапана 10, ємності для дизельного палива 11, ємності для спиртового активатора 12, карбюратора 13, компресора 14, турбіни 15, повітропроводу 16 і вихідного патрубка 17.

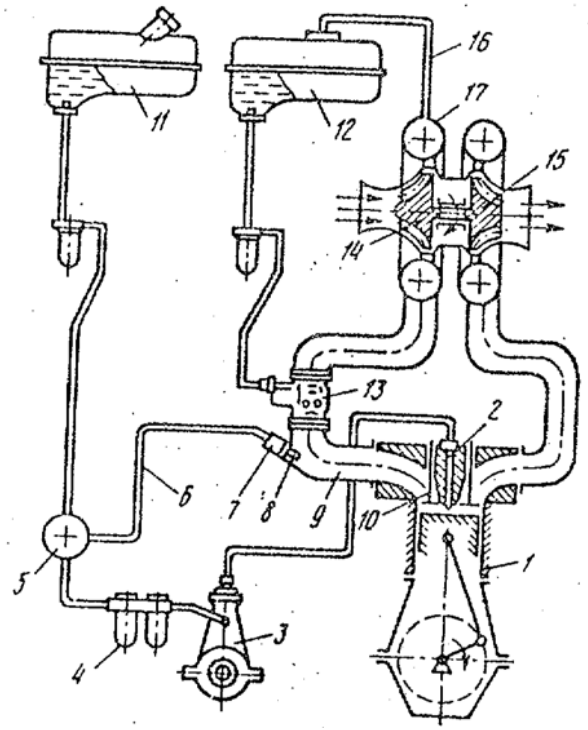


Рис. 3. Схема системи живлення дизеля з двофазним змішуванням (найменування позицій у тексті).

У змішувальній камері карбюратора утворюється спиртово-повітряна суміш, яка надходить у впускний трубопровід, а потім у неї додатково впорскується доза дизельного палива. Таким чином, у першій фазі змішування в такті впуску в циліндр дизеля надходить суміш, що складається з трьох компонентів: дизельного палива, спиртового палива і повітря. Крім карбюратора, відомі й інші механічні пристрої для подачі активатора в першій фазі змішування: випарник, дозатор, аерозольний генератор тощо. Однак загальним недоліком усіх цих пристроїв є неможливість підтримки співвідношення заданої дози активатора (наприклад, 10 % або 20 %), що подається в першій фазі змішування, з основною дозою дизельного палива, що впорскується в другій фазі.

Відомі пристрої для подачі активатора за допомогою додаткового ПНВТ і механічної форсунки, розміщеної у впускному трубопроводі дизеля. Одна з таких систем показана на рис. 4. Недоліком такого способу реалізації двофазного змішування є підвищені витрати індикаторної потужності дизеля на привід додаткового ПНВТ, що нівелює ефект від подачі активатора.

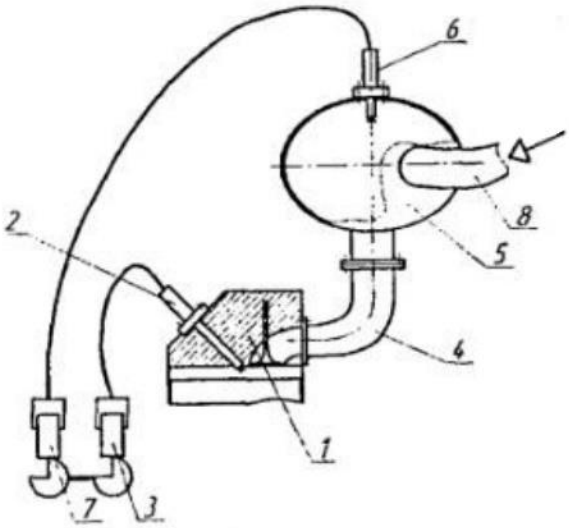


Рис. 4. Схема паливної системи дизеля, оснащеного додатковим ПНВТ і форсункою для впорскування активатора: 1 – впускний клапан; 2 – основна форсунка; 3,7 – основний і додатковий ПНВТ; 4 – впускний канал; 5 – впускний трубопровід; 6 – форсунка впорскування активатора; 8 – повітрозабірний патрубок.

Для усунення зазначених недоліків найбільш доцільно здійснювати подачу активатора за допомогою електромагнітної форсунки. Відома система одноточкового впорскування активатора (рис. 5), розроблена в поліському університеті і містить фільтр 1, «електронний блок управління 2, електричний насос 3, з'єднувальні трубопроводи 4 і електромагнітну форсунку» 5, що встановлюється на початку впускного трубопроводу дизеля. Електронний блок 2 оснащений регуляторами «початкової

установки тривалості та паузи керуючих імпульсів: тривалості в діапазоні від 7 до 700 мс і паузи в діапазоні від 25 до 325 мс».

Дана система забезпечує певний ефект від двофазного змішування, що виражається в поліпшенні потужності, паливно-економічних та екологічних показників дизеля . Однак в ході її досліджень були виявлені наступні недоліки: неможливість налаштування (електронний блок керування) ЕБК на забезпечення двох рівнів фіксованої дози активатора; неможливість автоматичного підтримання необхідної дози активатора з основною дозою палива на різних експлуатаційних режимах тракторного дизеля; міжциліндрова нерівномірність розподілу активаторно-повітряної суміші, що надходить у такт впуску; неможливість реалізації фазованого впорскування активатора, коли момент впорскування відповідає порядку чергування тактів впуску в циліндрах багатоциліндрового дизеля; відсутність функції автоматичного відключення подачі активатора.

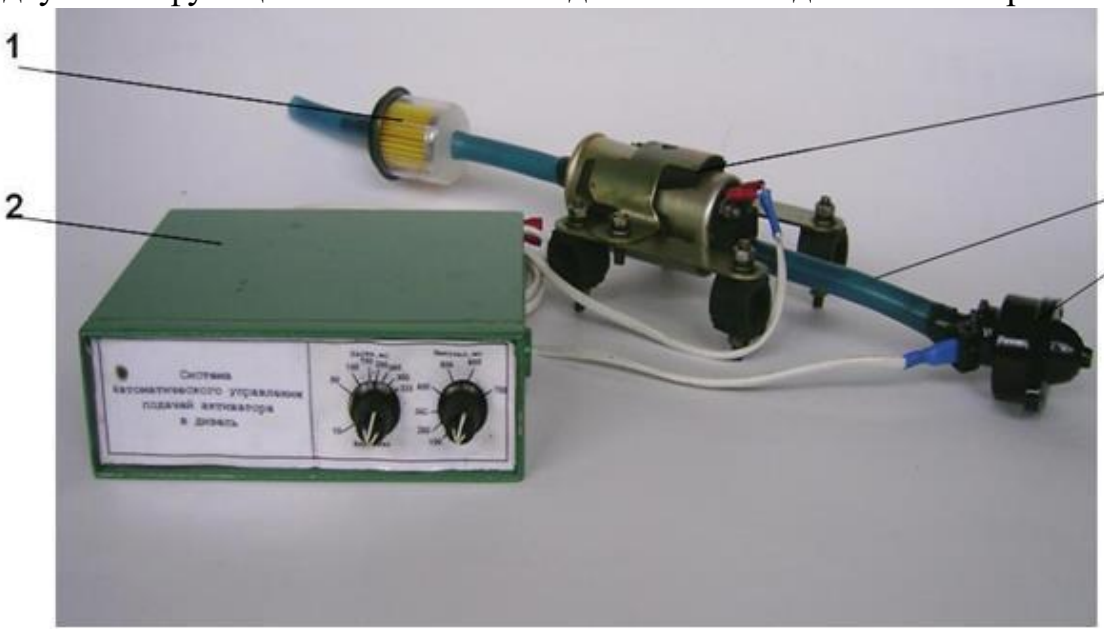


Рис. 5. Загальний вигляд системи одноточкового впорскування паливного активатора (найменування позицій у тексті).

Спосіб усунення зазначених недоліків полягає в можливому застосуванні системи розподіленого впорскування паливного активатора, що містить більш досконалий електронний блок на базі програмованого контролера і забезпечує можливість простого налаштування системи на дозу активатора 10 % або 20 %, автоматичну дозовану подачу активатора в гілки впускного тракту дизеля електромагнітними форсунками, узгоджену з основною дозою палива і тактами впуску в циліндрах.

Подібні роботи активно ведуться в США, Європі та Китаї, причому двофазне змішування намагаються впровадити не тільки на дизелях застарілих моделей з механічним управлінням подачею палива, але і на

двигунах з електронним управлінням (наприклад, оснащених акумуляторними системами Common-Rail). Один з варіантів такого дизеля з двофазним змішуванням показаний на рис. 6.

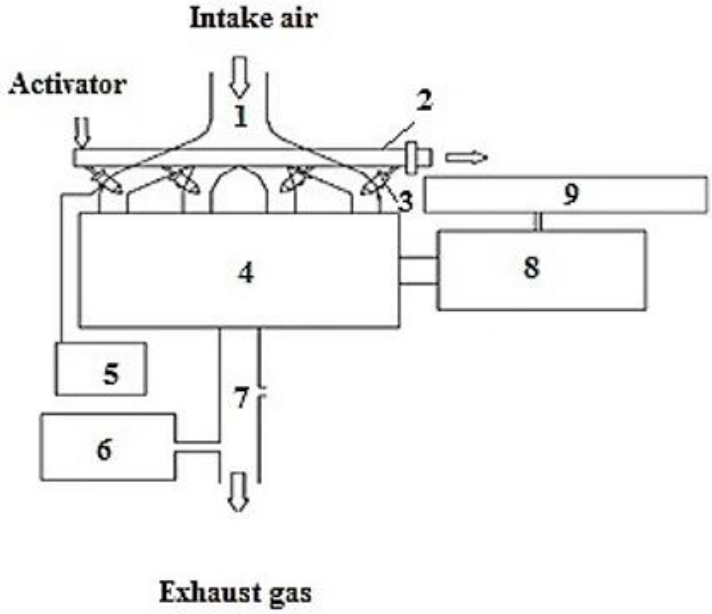


Рис. 6. Схема експериментальної установки, що містить дизель з двофазним змішуванням, оснащений системою розподіленого вприскування паливного активатора: 1 – трубопровід впуску повітря; 2 – паливна магістраль; 3 – форсунки вприскування активатора; 4 – дизель; 5 – блок управління вприскуванням активатора; 6 – прилад контролю токсичності відпрацьованих газів; 7 – трубопровід випуску відпрацьованих газів; 8 – гальмівна установка; 9 – пульт оператора стенду.

У сформованих умовах виникає потреба в розробці вітчизняної системи для двофазного змішування в дизелі, що забезпечує розподілене впорскування паливного активатора в гілки впускного трубопроводу дизеля в такті впуску.

УДК 621.01: 631.354

ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО – РІШЕННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Заєць М.Л., Бендюг Д.М.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Сільське господарство ніколи не стикалося з такою кількістю проблем. Вартість посівного матеріалу, добрив і хімікатів стає дедалі нестабільнішою. Погода стає дедалі непередбачуваною та

екстремальнішою. А тягар екологічного законодавства вимагає нових методів управління фермерським господарством і ведення обліку. Хоч ви й не можете впливати на вартість засобів виробництва, погоду або урядові постанови, рішення Precision Ag Technology допоможуть досягати більшого з меншими витратами. Вони надають нові відомості про господарство завдяки збору й аналізу польових даних для більш ефективного й обґрунтованого прийняття рішень.

Аналіз останніх досліджень. У автоматизації сільського господарства автономні трактори відіграють вирішальну роль у вдосконаленні ведення ефективного землеробства, зокрема через навігацію та ідентифікацію меж обробітку ґрунту. Традиційні підходи покладаються на методи машинного зору для визначення шляхів розрізнення орних і не орних ділянок. Хоча останні досягнення у зорових нейронних мережах (CNN) показали багатообіцяючі результати в сільському господарстві, шляхом автоматизації, вони все ще стикаються з проблемами повного охоплення глобального контексту меж обробітку ґрунту. [1,2] Це обмеження, головним чином, пов’язане із малими сприйнятливими полями CNN, які часто обмежують здатність мережі отримувати ширшу контекстну інформацію про сільськогосподарські ландшафти, та потенційно спричиняє неточності у виявленні меж. [1,2,3].

Мета досліджень. Вивчити суть, інструменти та ефективність технологій точного землеробства, на прикладі JD LINK з метою обґрунтування її доцільності для підвищення продуктивності та економічної ефективності ведення сільськогосподарського виробництва.

Виклад результатів дослідження. Хоч ви й не можете впливати на вартість засобів виробництва, погоду, рішення John Deere Precision Ag Technology допоможуть досягати більшого з меншими витратами. Вони надають вам нові відомості про господарство завдяки збору та аналізу польових даних для більш ефективного й обґрунтованого прийняття рішень.

Всі компоненти є взаємозамінними, і навіть якщо машина або навісне обладнання не є даного виробника, ви однаково можете скористатися перевагами технології точного землеробства John Deere Precision Ag Technology. Дана технологія базується на чотирьох ключових компонентах.

1. JDLink™ забезпечує двостороннє з’єднання для автоматичного завантаження даних про культуру та машину до вашого облікового запису John Deere Operations Center™. А найкраще те, що це рішення можна використовувати безкоштовно.

2. John Deere Operations Center™ об’єднує в одному рішенні відомості про ваші поля, машини, персонал і консультантів. Це комплексний і захищений простір для планування, моніторингу, аналізу й обміну даними вашого господарства — у будь-який час і в будь-якому місці.

3. Радіомодем RTK підключається до однієї або кількох локальних базових станцій поряд із вашим полем, завдяки чому забезпечується висока точність від проходу до проходу на рівні +/- 2,5 см в горизонтальній площині. Це рішення ефективне, якщо ви працюєте на відкритій місцевості з хорошою прямою видимістю базової станції.

4. Мобільний модем дає змогу використовувати точність RTK у складних зонах, як-от горбиста місцевість, оскільки між машиною та базовою станцією не потрібна пряма видимість.

Завдяки новій інтеграції вони забезпечують безперебійну роботу. Якщо ви придбали машину John Deere протягом останніх кількох років, її вже оснащено цими ключовими компонентами.

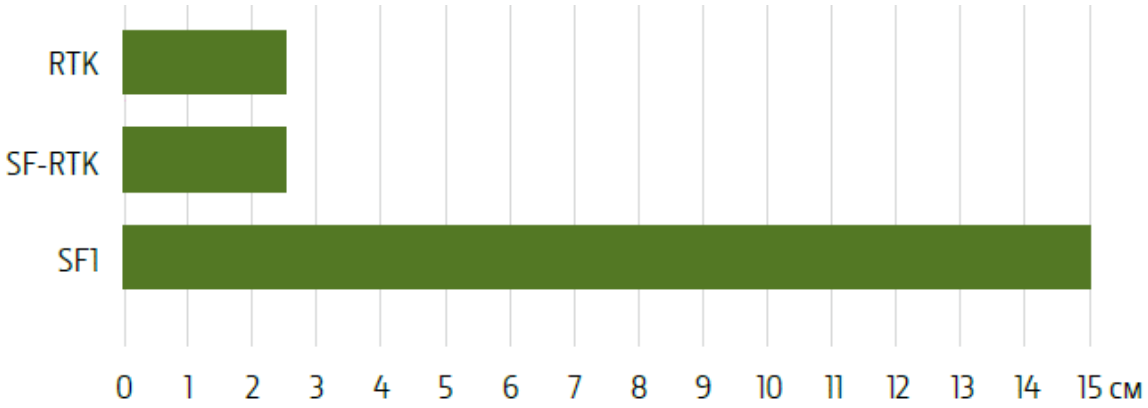


Рис. 1. Варіанти сигналу для приймача STARFIRE 7500. RTK: Мобільний або радіо RTK, точність якого від проходу до проходу становить +/- 2,5 см, включно із 14-денним періодом використання RTK Extend™ у разі втрати прямої видимості або підключення до мобільної мережі. Потрібно додаткове обладнання та ліцензії. S F- R T K: Точність від проходу до проходу становить +/- 2,5 см, повторюваність —упродовж п’яти років. Потрібна ліцензія, не потребує додаткового обладнання. S F 1: Точність +/- 15 см від проходу до проходу, безкоштовно.

Приймач StarFire™ 7500 використовує сигнал від трьох угруповань супутникових систем навігації (GPS, Galileo, BeiDou). Цей сигнал коригується за допомогою мережі John Deere StarFire™, завдяки чому гарантується точність і продуктивність. Новий сигнал SF-RTK забезпечує найвищий рівень точності з 5-річною повторюваністю від сезону до сезону. Завдяки сигналам SF-RTK та RTK забезпечуться висока точність визначення меж поля та ліній навігації. Можливість підвищити продуктивність роботи в полі й оптимізувати виробництво сільськогосподарських культур, знаючи точне розташування агрегатів на кожному етапі виробництва (рис. 2.).

Рис. 2. Пакети програмного забепечення на дисплеях G5Plus.

Data Sync синхронізує дані клієнтів, ферм і полів, межі полів, навігаційні маршрути, відомості про оператора та багато іншого.

Рис. 3. Сизронізація та пепедача даних між агрегатами.

Висновки. Завдяки синхронізації даних Data Sync усі польові дані розподіляються між усіма вашими машинами, що зводить до мінімуму час налаштування, коли справа йдеться про виконання нового завдання, система синхронізації даних Data Sync працює так само, як смартфон та інші пристрої, які використовують Google Android або Apple iOS. Якщо вносяться зміни в контакт або запис у щоденнику, вони автоматично через хмарний сервер оновлюються на всіх пристроях.

John Deere Operations Center™ виконує ту саму роль, автоматично оновлюючи дисплеї на всіх машинах John Deere й обладнанні інших брендів*. Вносячи зміни на дисплеї комбайна вони автоматично завантажиться на дисплей трактора. Синхронізація даних Data Sync знижує ймовірність помилок, оскільки ті самі дані використовуються на всіх

машинах і не залежать від введення окремого оператора. Використовується функція поділитись інформацією про поля з підрядниками за допомогою Operations Center.

Список використаних джерел

1. 1.Kim, G.-H.; Seo, D.-S.; Kim, K.-C.; Hong, Y.; Lee, M.; Lee, S.; Kim, H.; Ryu, H.-S.; Kim, Y.-J.; Chung, S.-O.; et al. Tillage boundary detection based on RGB imagery classification for an autonomous tractor. Korean J. Agric. Sci. 2020, 47, 205–217.

2. 2.Kim,W.-S.; Lee, D.-H.; Kim, Y.-J.; Kim, T.; Hwang, R.-Y.; Lee, H.-J. Path detection for autonomous traveling in orchards using patch-based CNN. Comput. Electron. Agric. 2020, 175, 105620.

3. Ronneberger, O.; Fischer, P.; Brox, T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention—MICCAI; Springer: Berlin, Germany, 2015; pp. 234–241.

УДК 621.01: 631.354

ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ТРАКТОРОМ ТА ВИКИДИ CO_2 ПРИ ОРАНЦІ ПОЛІВ РІЗНОГО ТИПОРОЗМІРУ ТА ФОРМИ

Заєць М.Л., Прокопенко А.О.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Зміна клімату пов’язана з викидами CO_2, скорочення яких стало головним пріоритетом. У відповідь на ці обставини вчені повинні постійно розробляти нові технології, які призводять до ефективної витрати палива та зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження показали, що правильний вибір режиму роботи двигуна, типу трансмісії, тиску в шинах, баластної маси та розподілу ваги трактора дозволяє знизити споживання пального під час оранки на 10…45%**.** Завдяки розвитку технологій стало можливим моделювати час польових робіт, що допомагає ефективно прогнозувати тривалість обробітку ґрунту та витрати пального залежно від форми й розміру поля.[1,2]

Розрахунок робочого часу техніки тісно пов’язаний з економічною ефективністю та екологічною безпекою господарства. Здатність заздалегідь оцінити споживання пального та рівень забруднення довкілля є важливим завданням для раціонального використання ресурсів.[3,4,5]

Мета досліджень. Метою даного дослідження є представлення методології, яка дозволяє прогнозувати попит на тракторне паливо та викиди CO_2 на

одиницю зораної площі при оранці польових ділянок різної форми та розмірів і підтвердити відповідну змінну для такого прогнозу.

Виклад результатів дослідження. Теоретичні розрахунки і експериментальні випробування показали, що коефіцієнт ефективності часу оранки поля є корисним показником для порівняння польових ділянок різних форм і розмірів. Цей коефіцієнт ефективно описує витрати палива трактором і викиди CO_2 під час оранки на різних конфігураціях польові ділянки. Обґрунтований метод розрахунку реального коефіцієнта корисної дії оранки поля базується на даних поля та обробітку ґрунту та практичному методі визначення з використанням навантаження двигуна трактора звіти. Встановлено, що під час досліджень при оранці шести польових ділянок різної форми та розмірами, на площі 6 га коефіцієнт корисної дії оранки варіював від 0,68 до 0,82, а витрати палива — від 15,6 до 16,5 кг/га. В полі ділянка 6 га, де поле ККД оранки був на 15% вищий, витрати палива на одиницю площі менші приблизно на 5,5% (рис. 1).

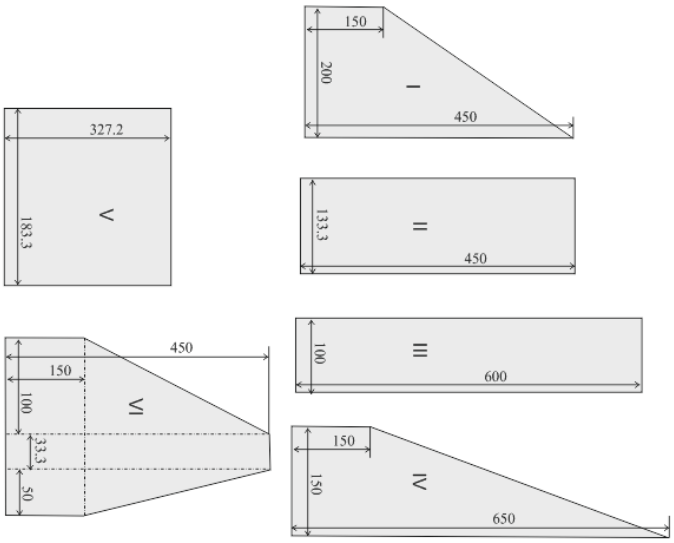


Рис. 1. Схеми та розміри пробних ділянок: (I) ширина 200 м, неправильна чотирикутна форма; (II) ширина 133,3 м, форма прямокутна; (III) ширина 100 м, прямокутна форма; (IV) 200 м завширшки, неправильна чотирикутна форма; (V) ширина 183,3 м, прямокутна форма; (VI) 50 м завширшки, неправильний шестикутна форма.

Результати цього дослідження допоможуть ефективно прогнозувати час обробітку ґрунту та паливо трактора споживання, необхідне для різних форм і розмірів поля.

Трактор MF 6499 французького виробництва (виробник сільгосптехніки Massey Ferguson) був обраний для експериментальних польових випробувань. У тракторах цієї моделі БД збережені ECM оновлюються щосекунди. Для випробувань, виконувалась оранка стерні навісним оборотним шестикорпусним плугом LEMKEN EurOpal 9

виробництва (LEMKEN GmbH & Co. KG, Альпен, Німеччина) агрегатований з трактором MF 6499. Вибрано загальну робочу ширину плуга - 2,4 +- 0,015 м, а глибину оранки - 0,22 +-0,015 м. Усі заїзди в випробуваннях оранки проводилися з чотириколісним приводом, блокування диференціала, d-діапазон 1 передача, і обороти двигуна 1850 +-20 об/хв.(рис.3). При маневрі повороту на смузі поля середня швидкість руху трактора становила 0,84 м/с, а реверс становив 0,76 м/с при частоті обертання двигуна 990 +-15 хв·1. Середній показник буксування задніх ведучих коліс трактора на всіх польових ділянках під час усіх випробувань оранки змінювалося від 11 до 16%. Під час цих польових випробувань тиск повітря в шинах трактора був 140 кПа. До рами в передній частині трактора кріпилися додаткові довантажувачі, сумарною масою 540 кг. Під час досліду всі дослідні ділянки орали за однаковою обробкою схема послідовності наведена на рис. 2.

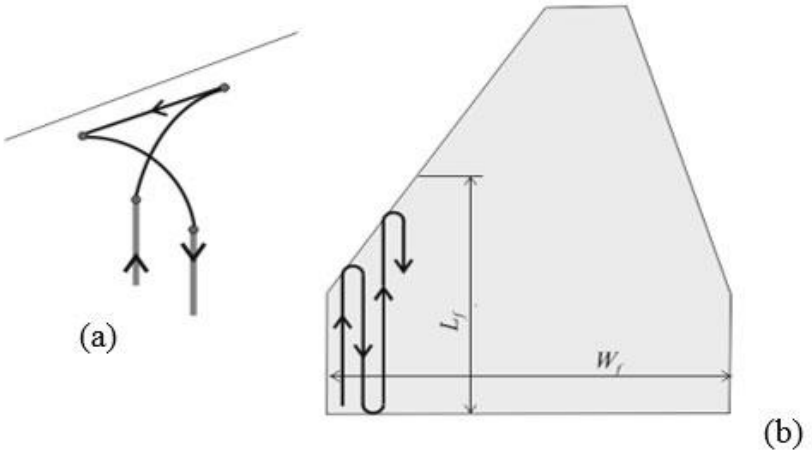
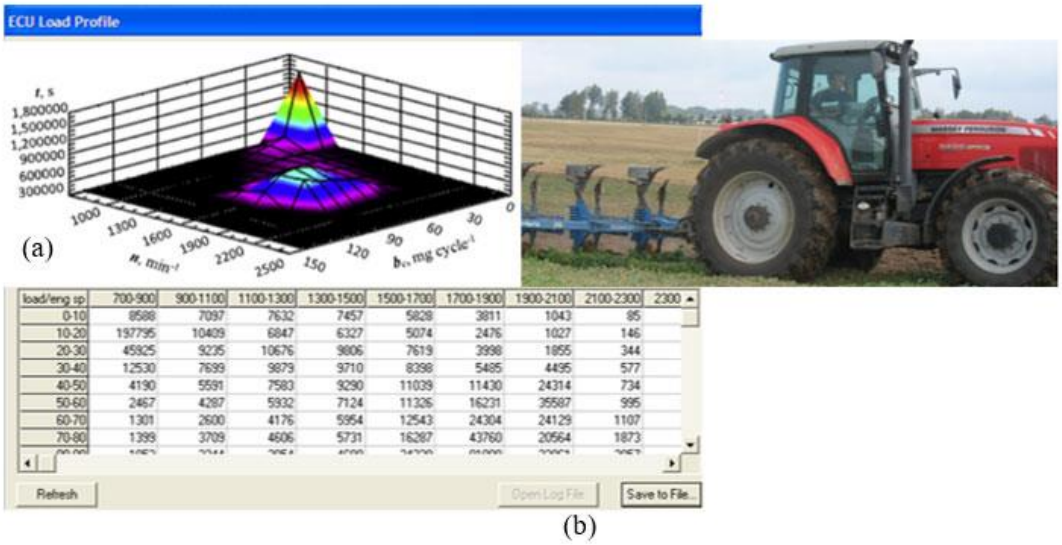


Рис. 2. Діаграми: маневри Х-повороту на поворотній смузі поля (a) з використанням послідовності руху (b) у випробуваннях оранки; Lf – середня довжина ділянки поля в напрямку оранки, а Wf – максимальна ширина ділянки перпендикулярно до напрямку оранки.

На кожній ділянці проведено суцільну оранку з лівого боку ділянки. Розворот на 180^0 трактора з піднятим плугом на поворотних смугах виконувалися за схемою маневрування Х-поворотом, наведеною на рис. 2а.

Під час досліджень отримані дані про продуктивність трактора MF 6499 шляхом обробки звітів про навантаження двигуна, накопичених у ECM, скопійованих до та після оранки кожної пробної ділянки поля. Звіт про навантаження двигуна, створений Massey Ferguson MF 6499 ECM у вигляді гістограми з таблицею (рис. 3) можна перенести на комп'ютер у будь-який час. Дані звіту ECM трактора копіюються з такими інтервалами: дані про оберти двигуна інтервал кожні 100 $хв^{-1}$, паливо, що впорскується за цикл, інтервал даних 10 мг $цикл^{-1}$, запис даних інтервал часу кожні 1 с. Під час випробувань оранки дані про навантаження двигуна трактора для

кожної польової ділянки були отримані зі звітів ECM. Для кожної польової ділянки, таблицю даних про навантаження на трактор було розраховано зі звіту ECM, скопійованого після завершення випробування оранки на відповідній польовій ділянці шляхом віднімання даних з ECM звіт, скопійований перед випробуванням оранки для цієї ділянки. Таким чином, гістограми і таблиці розподілу часу оранки кожної пробної ділянки були створені відповідно до двигуна його обертів за хвилину та кількість палива, що впорскується за цикл. З гістограм оброблених ділянок поля, після оцінки навантаження для певного двигуна, обертів за хвилину та кількість палива, що впорскується за цикл, продуктивність і розраховано час холостого ходу трактора.



load/eng sp	700-900	900-1100	1100-1300	1300-1500	1500-1700	1700-1900	1900-2100	2100-2300	2300
0-10	8588	7097	7632	7457	5828	3811	1043	85	
10-20	197795	10409	6847	6327	5074	2476	1027	146	
20-30	45925	9235	10676	9806	7619	3998	1855	344	
30-40	12530	7699	9879	9710	8398	5485	4495	577	
40-50	4190	5591	7583	9290	11039	11430	24314	734	
50-60	2467	4287	5932	7124	11326	16231	35587	995	
60-70	1301	2600	4176	5954	12543	24304	24129	1107	
70-80	1399	3709	4606	5731	16287	43760	20564	1873	

(b)

Рис. 3 Зображення звіту про навантаження двигуна у вигляді гістограми (а) і таблиці (б), передані з бортового комп'ютера трактора.

Це дослідження представляє прийнятний метод розрахунку реального часу оранки поля, коефіцієнт корисної дії на основі даних про поле, обробіток ґрунту та практичний метод використання звітів про навантаження двигуна трактора.

Висновки. За допомогою теоретичного методу ефективність використання часу оранки для конкретного поля розраховується виходячи з площі ділянки, її середньої довжини у напрямку оранки, а максимальної ширина перпендикулярно до напрямку руху, а також тривалість розвороту трактора на ділянці, шириною смуги оранки та фактичної швидкісті трактора. У практичному визначенні методу, встановлено ефективність використання часу оранки конкретного поля, визначається обробкою звітів ECM трактора, скопійовані до та після роботи на цьому полі. Теоретичні розрахунки а експериментальні випробування показали, що коефіцієнт ефективності часу оранки ефективно описує споживання палива трактором і викиди CO2 під час оранки операції на польових ділянках різної конфігурації.

Список використаних джерел

1. Varani, M.; Mattetti, M.; Molari, G.; Biglia, A.; Comba, L. Correlation between power harrow energy demand and tilled soil aggregate dimensions. Biosyst. Eng. 2023, 225, 54–68. [CrossRef]

2. Lee, J.W.; Kim, J.S.; Kim, K.U. Computer simulations to maximise fuel efficiency and work performance of agricultural tractors in rotovating and ploughing operations. Biosyst. Eng. 2016, 142, 1–11. [CrossRef]

3. Adamchuk, V.; Bulgakov, V.; Nadykto, V.; Ivanovs, S. Investigation of tillage depth of black fallow impact upon moisture evaporation intensity. Eng. Rural Dev. 2020, 19, 377–383. [CrossRef]

4. Bulgakov, V.; Nadykto, V.; Kaminskiy, V.; Ruzhylo, Z.; Volskyi, V.; Olt, J. Experimental research into the effect of harrowing unit's operating speed on uniformity of cultivation depth during tillage in fallow field. Agron. Res. 2020, 18, 1962–1972. [CrossRef]

5. Nadykto, V.; Karaiev, O.; Kyurchev, V.; Beloev, H. The efficiency of tractor application with articulated frame for cultivating arable crops. In Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; pp. 161–167. [CrossRef]

УДК 631.372

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ХОДОВИХ СИСТЕМ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНАХ

Юраш А.П., Погорілий С.П.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Аграрний сектор України має стратегічне значення для національної економіки, формуючи понад 40% експортної виручки [1]. Проте продуктивність сільськогосподарського виробництва суттєво поступається показникам провідних країн ЄС [2; 3], що частково зумовлено негативним впливом важкої техніки на ґрунт. За даними наукових досліджень, ущільнення чорноземів понад 1,4 г/см³ призводить до втрати врожайності зернових культур на рівні 3–8% [4]. Серед сучасних технічних рішень для зменшення цього впливу виділяються активні ходові системи (АХС), які поєднують конструктивні та автоматизовані підходи до підвищення ефективності агрегатів [5; 6].

Мета досліджень. Обґрунтувати доцільність застосування активних ходових систем у сільському господарстві з технічної та економічної точок зору.

Результати досліджень. Активні ходові системи передбачають використання додаткових приводів (механічних, гідравлічних або електричних) для колісних чи гусеничних рушіїв. Найбільш перспективним є електропривод із коефіцієнтом корисної дії 65–75%, що монтується безпосередньо на осі причіпних машин і створює додаткове тягове зусилля, знижуючи навантаження на трактор [5]. Для керування такими системами застосовуються протоколи ISOBUS, які дозволяють інтегрувати АХС із системами трактора та автоматично регулювати тягове зусилля, швидкість і витрати енергії. Конструктивно такі агрегати обладнуються посиленим шасі, багатовісними підвісками та спеціалізованими системами розвантаження, що підвищує їхню надійність і функціональність у полі [6].

Прикладом сучасної реалізації є електропривод «Power Drive Elect» компанії Fliegl Agrartechnik GmbH, який демонструє ККД 65–75% [5]. Економічні розрахунки показали, що використання трактора потужністю 220 к.с. з АХС дозволяє знизити витрати на пальне з 73,5 до 47,6 дол. за мото-годину порівняно з традиційним трактором на 340 к.с., що забезпечує економію близько 35%. Загальні експлуатаційні витрати скорочуються на 25% — із 322,12 до 242,63 дол. за мото-годину [5].

Крім того, ускладнені умови роботи демонструють додаткові переваги: коефіцієнт буксування знижується з 15–20% до 3–4%, що підвищує паливну ефективність та продуктивність. Використання АХС відкриває можливість зменшення класу застосовуваних тракторів, що скорочує амортизаційні витрати й здешевлює утримання парку техніки. Якщо ж базове шасі обладнане АХС дозволяє навішувати різні сільськогосподарські знаряддя, воно може застосовуватися для кількох технологічних операцій, підвищуючи завантаженість обладнання та зменшуючи потребу у вузькоспеціалізованих машинах.

Висновки. Застосування активних ходових систем у сільськогосподарському виробництві України є економічно та технічно обґрунтованим рішенням. Воно дозволяє знизити пробуксовування і витрати пального, скоротити експлуатаційні витрати майже на 25%, оптимізувати парк тракторів за рахунок використання менш потужних моделей та підвищити універсальність застосування техніки. Подальші дослідження мають бути зосереджені на вдосконаленні конструкцій і проведенні широкомасштабних польових випробувань.

Список використаних джерел

1. Аналіз сільськогосподарського ринку України. 2025 рік // Pro-Consulting. URL: https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-selskohozyajstvennogo-rynka-ukrainy-2024-god

2. Посівні площі та урожайність озимої пшениці, ячменю та ріпаку в Україні за 2019–2021 рр. // SuperAgronom. URL: https://superagronom.com/articles/585-posivni-ploschi-ta-urojaynist-ozimoyi-pshenitsi-yachmenyu-ta-ripaku-v-ukrayini-za-2019-2021-rr

3. Найбільші експортери зерна (пшениці) у світі: топ-10 країн лідерів галузі // WorldBank. URL: https://worldbank.org.ua/3126-naybilshi-eksporteri-zerna-pshenitsi-u-sviti.html

4. Ратушний В.В. Економічні аспекти використання потужних тракторів у сільському господарстві України // Техніка і технології АПК. – 2023. – № 1. – С. 75-81.

5. Fliegl „Power DriveElect“ // Fliegl Agrartechnik GmbH. URL: https://fliegl.com.ua/ua/products/drive-axle-powerdriveelect/

6. Вплив конструктивних особливостей на продуктивність агровиробництва // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2021. – № 2. – С. 58-65.

УДК 631.312.021

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАННЯ ПЛУГА ПРИ ЙОГО СИЛОВОМУ АНАЛІЗІ

Заєць М.Л., Савчук В.Р.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Однією з ключових проблем у сільськогосподарському машинобудуванні є раціональне агрегатування плуга з енергетичним засобом (трактором). Неправильно підібрані параметри агрегату — зокрема потужність трактора, його маса, баластування, тиск у шинах та глибина обробітку, призводять до перевитрати пального, підвищеного зношування техніки, погіршення якості обробітку ґрунту та надмірного ущільнення ґрунту.

Силовий аналіз роботи плуга дозволяє визначити оптимальні тягові та енергетичні характеристики агрегату. Проте на практиці часто не враховуються змінні польові умови (тип ґрунту, вологість, рельєф), що ускладнює точне обґрунтування параметрів агрегатування.

Це дозволить оптимізувати енерговитрати, підвищити продуктивність агрегату та зменшити шкідливий вплив на ґрунт.

Аналіз останніх досліджень. За останні роки сільське господарство пережило надзвичайну еволюцію завдяки мехатроніці та інформаційним технологіям, які дозволяють вимірювати, зберігати та обробляти величезну кількість даних і розгортати робочі операції з дуже високою роздільною здатністю. Це сільське господарство 4.0, також відоме як точне землеробство (Lal and Stewart et.l, 2015, Pallottino et al., 2018). Багато досліджень у літературі зосереджені на геометрії плуга, також використовуючи інструменти моделювання, як-от у (Jeshvaghani et al., 2013) та (Saunders, 2002). [3,4,5,6]

Мета досліджень. Метою є аналіз роботи плуга та обґрунтування оптимальних конструктивних і експлуатаційних параметрів агрегату шляхом вивчення силових взаємодій між плугом, ґрунтом і трактором для підвищення ефективності оранки та зниження витрат енергії.

Виклад результатів дослідження. При роботі плуга на кожен його корпус діють елементарні сили опору ґрунту. Дослідження показують, що вони не приводяться до однієї рівнодіючої сили, а приводяться до динами. Причому визначити теоретично величину і напрям головного вектора і головного моменту при сучасному стані теорії плуга не є можливим [1].

Тому сили, що діють на корпус плуга, представляють у трьох координатних площинах - площинними силовими характеристиками. При цьому визначають величину і напрямок складових головного вектора шляхом просторового динамометрування за допомогою спеціальної лабораторної установки.

Вихідною силою при визначенні складових головного вектора елементарних сил опору ґрунту, прикладених до робочої поверхні плужного корпуса, є повздовжня складова R_x.[3]

У горизонтальній площині проекцій хоу ця сила (R_x) проходить паралельно стінці борозни на відстані, рівній 0.4b. Значення її може бути визначене за формулою:

$$R_x = \frac{P - fG}{n} = kab + \xi abV \qquad (1)$$

де P - тяговий опір плуга;

f - коефіцієнт опору плуга проходженню в борозні;

G - вага плуга;

n - число корпусів;

k - питомий опір ґрунту;

a - глибина оранки;

b - ширина захвату корпуса;

ξ - коефіцієнт швидкісного опору;

V - швидкість оранки.

Так як горизонтальна складова R_{xy} головного вектора відхилена від нормалі до леза лемеша на кут тертя ковзання φ ґрунту по сталі, то тоді[2]:

$$R_{xy} = \frac{R_x}{\sin(\varphi + \gamma_o)} \qquad (2)$$

де γ_0 - кут між лезом лемеша і стінкою борозни.

Сила, що притискає корпус плуга до стінки борозни, виражається залежністю:

$$R_y = R_x ctg(\varphi + \gamma_o) \qquad (3)$$

Якщо вважати, що польові дошки плуга навантажені тільки поперечними горизонтальними силами, то сила тертя польових дошок об стінки борозен може бути визначена за формулою:

$$F = f_1 R_y \quad (4)$$

де f_1 - коефіцієнт тертя ковзання сталі по ґрунту. Він визначається за допомогою лабораторної установки.

У повздовжньо - вертикальній площині на корпус діє сила R_{zx} , що утворить з віссю *x* кут ψ . Величина цього кута залежить від властивостей ґрунту, гостроти леза лемеша та глибини оранки.

Якщо лезо лемеша гостре і дно борозни ущільнене не сильно, то ψ має позитивний знак і знаходиться в межах до 12°, при цьому відстань ρ_{zx} від носка лемеша до лини дії сили R_{zx} приймають рівним половині глибини оранки.

Якщо ж лезо лемеша тупе і дно борозни сильно ущільнене, то кут ψ має від'ємне значення і може досягати мінус 12°, відстань ρ_{zx} при цьому приймається рівною одній третій глибини оранки. Силу визначають по формулі:

$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos\psi} \quad (5)$$

Вертикальна складова R_z сили R_{zx} відноситься до направляючої наступних сил: позитивно спрямованих на робочу поверхню лемеша в полиці; ваги ґрунту, що впливає на поверхню лемеша і полиці; негативно спрямованих (знизу вверх) опорів ґрунту, прикладених до потилиці леза лемеша й ін.

$$R_z = R_x tg\psi \quad (6)$$

У поперечно-вертикальній площині *yoz* (вид спереду) на корпус діє сила R_{zy} , що утворює з віссю кут $\delta = \pm 45^o$.

$$R_{zy} = \sqrt{R_y^{\,2} + R_z^{\,2}} \quad (7)$$

Відстань ρ_{zy} від носка лемеша до лінії дії сили R_{zy} приймають рівною половині глибини оранки при додатному значенні кута δ , а при від'ємних значеннях кута δ - приймають рівний трьом четвертим глибини оранки.

Величина, напрям і точки прикладання сил R_{xy}, R_{zx}, R_{zy}, що діють на корпус плуга у відповідних площинах проекцій, є середніми, що зв'язано з мінливістю фізико-механічних властивостей ґрунту і нерівномірністю мікрорельєфу в межах навіть одного поля.

При побудові силового багатокутника слід мати на увазі те що дві сили, величини яких невідомі, а відомі лише їхні напрямки, повинні складатися останніми. У поздовжньо-вертикальній площині (рис. 1/) на плуг крім раніше відзначених сил $G, \sum R_{zx}, \sum F, R_d$ діють реакції ґрунту на

опорне колесо Q, і сила тяги трактора P_{zx}, спрямована в протилежну сторону рівнодіючої всіх сил опору ґрунту руху плуга R_4. Сили Q і R_4 є невідомими. Тому складемо їх останніми. При цьому будемо мати на увазі, що реакція Q, проходить через вісь колеса під кутом μ(10°) до вертикалі, тому при визначенні сили R_{zx} по формулі 5 варто враховувати заданий кут Ψ .

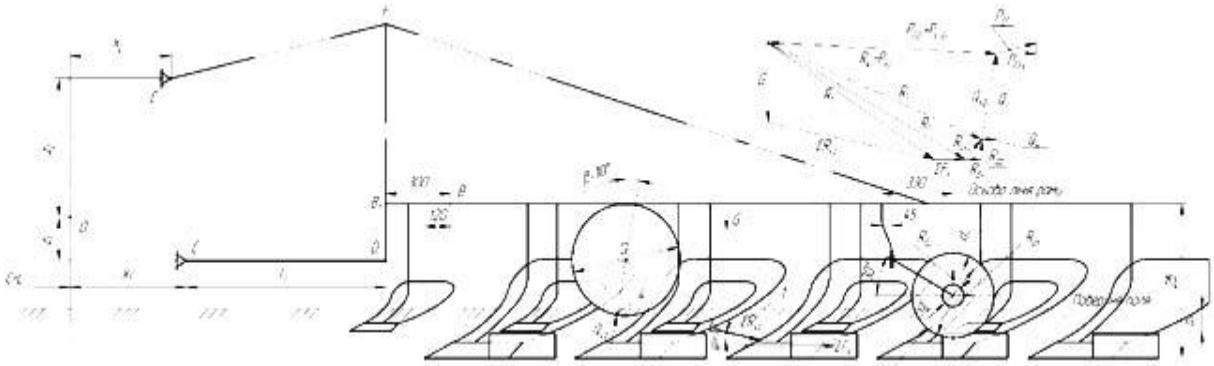


Рис. 1. Схема плуга у поздовжньо-вертикальній площині

Сили Q і R_4 визначимо наступним чином. Продовжимо на схемі плуга лінії дії сил Q і R_3 (рис. 1.)/ Вони перетинаються в точці 4. Точка 4 - точка прикладання рівнодіючої R_4. Плуг у поздовжньо-вертикальній площині знаходиться в рівновазі, якщо R_4 проходить не тільки через точку 4, але і через миттєвий центр обертання π1. По лінії π1-4 діє на плуг і сила тяги P_{zx}. Вона по величині дорівнює R_4. Проведемо у багатокутнику сил через початок вектора G лінію, паралельну лінії π-4, а з кінця вектора R_d - лінію, відхилену від вертикалі на кут μ. Точка перетину цих ліній визначає кінець вектора Q і кінець вектора R_4.

Висновки. З багатокутника сил видно, що величина сили Q залежить від нахилу сили P_4 до горизонту. Нахил сили залежить від положення точки π1 відносно плуга. Якщо змістити точку верхньої тяги механізму навіски трактора (рис. 2.) вниз, то точка π2 наблизиться до плуга. Нахил при цьому сили P_4 збільшиться, а реакція Q зменшиться.

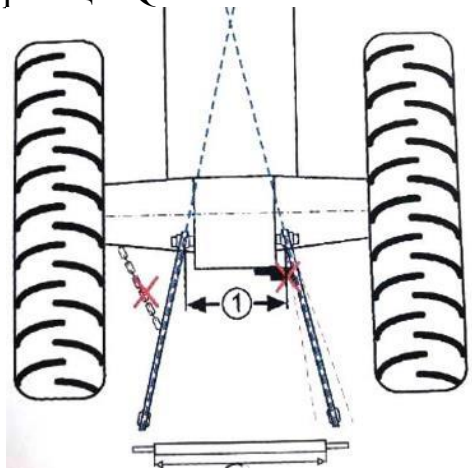


Рис. 2. Механізм навіски трактора.

Перерозподілиться при цьому і вертикальне навантаження рушіїв трактора на ґрунт. Деякі колісні трактори обладнані механічними довантажувачами ведучих коліс, тобто пристроєм, що дозволяє переміщати точку верхньої тяги механізму навіски трактора у вертикальному напрямку. При переміщенні її вниз задні колеса трактора довантажуються, а передні розвантажуються, що дозволяє знизити буксування коліс.

Список використаних джерел

1. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку.: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.

2. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності «Машини та обладнання с.-г. виробництва» (За ред. М.Г. Черновола). Кн.1. К.: Урожай, 2001. 384с.

3. ASAE D497.7 MAR2011 -Agricultural Machinery Management Data, ASABE standard.ASAE S217.12 DEC01 (ISO+730-1:1994) Three-Point Free-Link Attachment for Hitching Implements, ASABE standard.Bauer, F., Porteš, P., Slimařík, D., C$upera, J., Fajman, M. 2017.

4. Observation of load transfer from fully mounted plough to tractor wheels by analysis of three point hitch forces during ploughing. Soil Till.Res.172:69-78.Das, B.M. 2002.

5. Principles of geotechnical engineering. Brooks Cole/Thompson Learning.Godwin, R.J., O'dogherty, M.J., Saunders, C., Balafoutis, A.T. 2007. A force prediction model for mouldboard ploughs incorporating the effects of soil characteristic properties, plough geometric factors and ploughing speed. Biosyst.Eng.97:117-129.

6. Jensen, T.A., Antille, D.L., Tullberg, J.N.2025. Improving on-farm energy use efficiency by optimizing machinery operations and management: A review.Agric. Res. 14: 5-33.

УДК 631.17

ІНТЕГРОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ

Золотовська О.В., Беліков М.Ю.
Дніпровський аграрно-економічний університет

Сільське господарство, окрім того, що є основним джерелом продовольства для людства, потребує постійного джерела енергії для роботи машин, транспортних засобів та насосів для зрошення. Традиційно

ця енергія забезпечувалася викопним паливом, і існує занепокоєння щодо виснаження цих ресурсів через зростаючий попит на споживання. Агровольтаїчні системи пропонують стале рішення для виробництва енергії та підвищення продуктивності сільського господарства, інтегруючи аграрний та енергетичний сектори. Сучасні дослідження в даній сфері недостатньо охоплюють математичне моделювання та комп'ютерні симуляції в повномасштабних польових експериментах. Агровольтаїчні системи можна поділити на тепличні конструкції з інтегрованими фотоелектричними модулями та відкриті польові масиви сонячних панелей.

Польова агровольтаїка передбачає розміщення фотоелектричних панелей над сільськогосподарськими культурами, що дозволяє регулювати енергетичний баланс і мікроклімат у системі (рис. 1).

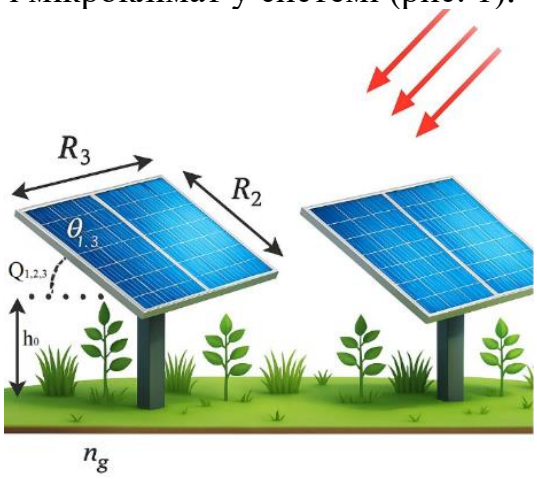


Рис. 1. Модель агровольтаїчної системи.

Використання таких систем обумовлено підвищенням ефективності використання земельних ресурсів, отриманням додаткового економічного ефекту від виробництва електроенергії, оптимізацією мікроклімату для рослин та зменшенням водоспоживання. Для реалізації цих переваг необхідні методичні підходи до оцінки ефективності та оптимізації агровольтаїчних систем.

Існують моделі, що інтегрують симуляцію сонячного світла та реакцію культур на змінені умови освітлення. Паралельно розроблялися методи оптимізації агровольтаїчних конструкцій [1-3]. Проте через складність взаємодії численних параметрів фотосинтетичної ефективності, енергетичної віддачі, ефективності використання землі та економічної рентабельності – існує потреба у вдосконаленні методів оптимізації.

Мета досліджень полягає у розробці та демонстрації методики цифрового моделювання агровольтаїчних систем із використанням багатокритеріальної оптимізації, яка дозволяє оцінити вплив сонячних панелей на врожайність культур і виробництво електроенергії, та знаходити оптимальні конструктивні рішення для конкретних культур і умов вирощування.

Віртуальна модель системи є симуляційним підходом, у якому копія фізичної системи використовується для аналізу, оптимізації та тестування без необхідності створення реального об'єкта. Модель агровольтаїчної системи застосовується для оцінки ефективності системи. Запропонований метод дозволяє оцінити продуктивність агровольтаїчної системи щодо поглинання світла ґрунтом і панелями з використанням моделювання поширення світлових променів, тобто траєкторія світла поєднується з моделлю культур для оцінки продуктивності за принципом орієнтації на культуру. Цифрова модель відкритої агровольтаїчної системи використовується для оптимізації конструктивних параметрів протягом вегетаційного періоду з урахуванням кліматичних умов.

Світлова модель відтворює дію світлових імпульсів на агровольтаїчну систему щогодини протягом світлового дня у визначеному періоді. Обчислюються сонячні кути, а дані про сонячну радіацію беруться з метеофайлу. Для зменшення обчислювального навантаження передбачено, що всі панелі мають однакову форму, кут нахилу та матеріал. Моделюється опромінення одиничної площі поля, а двосторонні панелі враховують як пряме, так і відбите від ґрунту та сусідніх панелей випромінювання.

Моделювання рослин спрямоване на прогноз росту культури на основі виміряних даних та знань фізіології рослин. У дослідженнях використовується модель, яка спрощує моделювання до основних компонентів та забезпечує швидку й ефективну реалізацію. Модель оцінює температуру культури, визначає її стадію розвитку через накопичений тепловий час та симулює щоденний приріст біомаси. Накопичена біомаса за сезон множиться на коефіцієнт урожайності для оцінки врожаю. Вплив зміни температури повітря через фотогальванічні панелі не моделюється, оскільки він незначний, особливо при висоті встановлення понад 1,5 м. Для оцінки продуктивності додатково використовуються показники ефективності використання світла та ефективності використання води.

Таким чином, незважаючи на обмеження точності моделей, цифрова модель формує методологічну основу для подальших досліджень. Подальший розвиток моделі може включати теплове моделювання системи, спектральне моделювання поширення променів, удосконалену модель культур для агровольтаїки та розрахунок водокористування. Валідація та вдосконалення цифрової моделі дозволить проектувати та тестувати агровольтаїчні системи для конкретних культур, місць розташування та очікуваних показників виробництва електроенергії до створення реальних прототипів.

Список використаних джерел

1. Zainali S., Lu S.M., Fernández-Solas Á., Cruz-Escabias A., Fernández E. F., Zidane T. E. K., Honningdalsnes E. H., Nygård M. M., Leloux J., Berwind M., Trommsdorff M., Amaducci S., Gorjian S., Campana P. E., Modeling,

simulation, and optimization of agrivoltaic systems: A comprehensive review. *Applied Energy*. 2025. Vol. 386, p. 125558. DOI: 10.1016/j.apenergy.2025.125558.

2. Al Mamun M., Dargush P., Vedly D. Review of agrivoltaic system research. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 161, p. 112351. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112351.

3. Campana P. E., Strid B., Amaducci S., Colauzzi M. Optimization of agrivoltaic systems: Synergies for sustainable rural communities in the nexus of food, water, and energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 150, p. 111452. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111452.

4. Агровольтаїка – майбутнє агробізнесу України https://www.seeds.org. ua/sonyachne-fermerstvo-majbutnye-agrobiznesu-ukraini/

5. Баррон-Гаффорд, Джорджія; Павао-Цукерман, Массачусетс; Майнор, Р.Л.; Саттер, Л.Ф.; Барнетт-Морено, І.; Блекетт, Д.Т.; Томпсон, М.; Даймонд, К.; Герлак, А.К.; Набхан, Г.П.; та ін. Агровольтаїка забезпечує взаємні вигоди у взаємозв'язку між продовольством, енергією та водою у посушливих районах. *Nat. Sustain.* 2019 , *2* , 848–855

УДК 3:631.171:004.89

СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: ВИКОРИСТАННЯ GPS-НАВІГАЦІЇ У ТРАКТОРАХ

Якубовський О.В.
Таращанський технічний та економіко-правовий фаховий коледж

Сільське господарство сьогодні швидко змінюється. Якщо раніше головним завданням було просто виростити врожай, то тепер усе частіше увага зосереджена на тому, як зробити цей процес економнішим і технологічнішим. Ціни на паливо та добрива зростають, тому аграрії шукають способи працювати точніше й ефективніше. Одним із таких рішень стала GPS-навігація у тракторах, яка поступово перетворюється на стандарт для сучасного господарства.

Основна частина

1. Точне землеробство це сучасна концепція ведення сільського господарства, що базується на використанні інформаційних технологій, сенсорних систем і супутникової навігації для оптимізації агротехнологічних процесів. Одним з ключових елементів цих систем є GPS-навігація, яка забезпечує високу точність руху тракторів та сільськогосподарської техніки.

Це система, яка допомагає трактору рухатись по полю максимально рівно і точно завдяки супутниковим сигналам. Вона складається з:

• антени GPS (ловить сигнал від супутників),

• монітора в кабіні (показує маршрут або керує автоматичним водінням),

• програмного забезпечення (будує паралельні лінії руху, записує дані про поле).

У деяких моделях трактор може працювати в автопілоті — тобто механізатор лише контролює процес, а техніка сама тримає потрібну траєкторію.

2. Як працює GPS-навігація у тракторах

Принцип доволі простий: трактор отримує сигнал від супутників і визначає свої координати з великою точністю. У кабіні встановлюється дисплей, на якому механізатор бачить свою траєкторію. Якщо під'єднана система автоматичного водіння, то машина може рухатися практично без втручання людини. При використанні RTK-корекції точність сягає кількох сантиметрів – цього більш ніж достатньо для сівби чи внесення добрив.

3. Для чого використовують:

- Посів - рядки рівні, без пропусків і накладань.
- Обприскування та внесення добрив - точне дотримання ширини захвату, економія хімікатів.
- Обробіток ґрунту - техніка не проходить двічі по одній ділянці.
- Збирання врожаю - комбайни йдуть по оптимальних маршрутах.
- Картографія поля - програма запам'ятовує контури й дає можливість аналізувати роботу.

Види систем

- Найпростіші це так звані системи паралельного водіння, де тракторист орієнтується по світловій шкалі. Вони недорогі, але залежать від уважності оператора.

- Автоматичні системи вже самі керують трактором, що особливо зручно вночі чи в тумані.

- Більш складні комплекси дозволяють ще й автоматично змінювати норму висіву або розподіл добрив залежно від карти поля. Такі рішення найбільше відповідають ідеї «точного землеробства».

Основними можливостями застосування є: Автоматичне водіння, тобто трактор рухається по оптимальних лініях без перекриттів та пропусків. Це особливо важливо під час посіву, внесення добрив та обробки ґрунту. Також важливим є контроль ширини захвату агрегатів, адже навігація дозволяє уникати накладання робочих смуг та економити ресурси, планування польових робіт, адже всі дії фіксуються у карті поля, що дає змогу аналізувати ефективність операцій. Важливим є те, що це сумісно з іншими системами точного землеробства. І звичайно великою перевагою є те, що дані GPS інтегруються з датчиками врожайності, вологості ґрунту та системами диференційованого внесення добрив.

Приклади систем

• John Deere AutoTrac -автоматичне водіння відомих тракторів John Deere.

• Trimble - система, яка дає дуже точне позиціонування і працює з різною технікою.

• CLAAS GPS Pilot -допомагає прокладати маршрут навіть у складному рельєфі.

4. Переваги у практиці

Головна вигода – економія. За відгуками фермерів, витрати пального зменшуються на 10–15%, а насіння і добрив – у середньому на 5–10%. Додатковий плюс у тому, що зникають «сліпі зони» на полі. Урожайність теж виграє, адже рослини отримують більш рівномірні умови для росту. До того ж механізатор працює спокійніше і менше втомлюється, бо йому не потрібно постійно контролювати траєкторію.

5. Труднощі впровадження. Звичайно, не все так просто. Найперше – це ціна обладнання. Для великого агрохолдингу вона швидко окупається, а для маленького фермера може бути надто високою. Інша проблема – стабільність сигналу. В деяких регіонах ще й досі трапляються перебої з RTK, а без нього точність помітно падає. І, нарешті, потрібна підготовка персоналу: механізаторам доводиться вчитися працювати з новою технікою.

6. Досвід в Україні. Великі компанії, як-от «Кернел», «МХП» чи «Астарта», давно обладнали свої трактори GPS-навігацією. Це дало відчутний ефект – знизилися витрати й підвищилася продуктивність. Цікаво, що останні роки дешевші портативні навігатори стали доступними і для дрібних фермерів. Завдяки цьому технологія поступово стає масовою. Подекуди навіть місцеві програми підтримки компенсують частину витрат на такі системи.

Один аграрій розповідав, що з 2020 року впроваджували елементи точного землеробства на своїх полях на заході України: GPS-навігація, автопілот, системи диференційованого внесення добрив та платформи для аналізу даних. Вони задали собі мету - зменшити витрати на 10 % і підвищити врожайність на 10 %, і вже через кілька років досягли цієї мети.

Компанія Variant Irrigation («Варіант Агро Буд»)-ця українська компанія працює над рішеннями GPS-керування машинами фронтального типу для зрошення. Вони розробляють системи керування, застосовуючи в тому числі супутникові координати у реальному часі.

СФГ «АСТРА» (Полтавщина)- директор господарства у інтерв'ю сказав, що вони використовують елементи точного землеробства, зокрема GPS-системи. Хоча він також зазначає, що багато фермерів не відкрито говорять про свої технології, але на практиці деякі з них все ж використовують.

Наприклад, компанія FRENDT, яка працює в українському агросекторі, стверджує, що GPS-навігація й автопілоти стали вже не

“екзотикою”, а звичною частиною технологій багатьох господарств, зокрема великих агрохолдингів.

Одна з українських компаній (Київстар) надає послуги RTK-корекції, що допомагає аграріям отримати надточні дані поля (контури, площу) й використовувати ці дані для точного землеробства.

Висновки

GPS-навігація вже важко назвати новинкою – швидше це обов’язковий інструмент сучасного господарства. Вона допомагає економити ресурси, працювати точніше й впевненіше. У перспективі такі системи будуть інтегруватися з безпілотними тракторами, автоматичними сівалками і хмарними сервісами обліку даних. Але головне, що навіть сьогодні вони реально допомагають фермерам отримувати кращий результат і витрачати менше коштів.

Отже, можна сказати, що GPS-навігація у тракторах – це вже не майбутнє, а сьогодення українського агробізнесу. І чим швидше ця технологія стане доступною всім господарствам, тим конкурентоспроможнішим буде сільське господарство України.

Список використаних джерел

1. ITC.ua. Розумне землеробство в Україні: як українські фермери впроваджують цифрові технології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://itc.ua/ua/articles/rozumne-zemlerobstvo-v-ukrayini-yak-ukrayinski-fermery-vprovadzhuyut-tsyfrovi

2. AgroPortal.ua. Український виробник впроваджує точне землеробство у зрошення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://agroportal.ua/news/eksklyuzivy/ukrajinskiy-virobnik-vprovadzhuye-tochne-zemlerobstvo-u-zroshennya

3. IFarming.ua. Точність не в GPS, а в розумінні ґрунту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ifarming.ua/upravlinnia/tochnist-ne-v-gps-a-v-rozuminni-gruntu

4. Latifundist.com. GPS – вже не іграшка, а мінус 10% витрат. Як за 12 років змінилось точне землеробство в Україні – очима FRENDT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://latifundist.com/istorii-uspeha/gps–vzhe-ne-igrashka-a-minus-10-vitrat-yak-za-12-rokiv-zminilos-tochne-zemlerobstvo-v-ukrayini–ochima-frendt

5. Kurkul.com. Сільське господарство 4.0: приклад розвитку в Україні [Електронний ресурс]. https://kurkul.com/spetsproekty/1743-silske-gospodarstvo-40–priklad-rozvitku-v-ukrayini.

6. Hub.kyivstar.ua. Як технологія RTK допомагає отримати реальні обміри поля та впровадити точне землеробство [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://hub.kyivstar.ua/articles/yak-tehnologiya-rtk-dopomagaye-otrimati-realni-obmiri-polya-ta-vprovaditi-tochne-zemlerobstvo

УДК 614.82

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ ЗРАЗКІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ЗА БАГАТОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖУВАННЯ

Войналович О.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Писаренко Г.Г., Майло А.М., Бялонович А.В.
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України

Постановка проблеми. Деталі та елементи конструкцій сільськогосподарських машин та обладнання за тривалої експлуатації зазнають втомного пошкодження. Інтенсивність накопичення пошкодження здебільшого визначають умови експлуатації техніки (силове навантаження у вузлах, корозійний вплив довкілля, температурні режими роботи деталей тощо). Щоб контролювати пошкодженість конструкційного матеріалу, потрібно відстежувати кінетику пошкодження на різних структурних рівнях, забезпечивши застосування структурно-чутливих методів дослідження. Однак нині не погоджено єдиної прийнятної концепції щодо аналізу закономірностей формування та накопичення пошкодження у зразках металоконструкцій, що ускладнює вибір критеріїв для оцінення граничного накопичення пошкодження та інтенсивності такого накопичення.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом застосовують міждисциплінарний підхід, що дозволяє описати кінетику пошкодження конструкційного матеріалу з позицій механіки та з врахуванням фізичних аспектів пошкодження матеріалу на різних масштабних рівнях [1, 2]. Розвиваються нові підходи для дослідження деформаційного рельєфу, створеного під час циклічного навантажування, що дозволяють комплексно досліджувати деформаційну поведінку конструкційних матеріалів за втоми.

Кінетичні статистичні характеристики процесу накопичування пошкодження у конструкційному матеріалі внаслідок циклічного навантажування корелюють з параметрами структури, зокрема мікроструктури поверхні [3]. Величина виявленої кореляції суттєво залежить від чутливості методу контролю ступеню пошкодженості матеріалу за умов циклічного деформування. Зокрема, висока чутливість методу оцінення кінетики мікропластичного деформування матеріалу за втоми дозволяє оцінити зміни фізико-механічних властивостей відповідного структурного рівня [4]. Кінетика характеристичного параметра відповідає еволюції структури конструкційного матеріалу на

кожному структурному рівні, а інтегральна характеристика пошкодження виявляє велику дискретність стадій пошкоджуваності.

Методом кількісного оцінення мікро- і мезоструктурних змін поверхневого шару металоконструкції є оптико-електронний метод [5], що дозволяє вимірювати не тільки характеристики морфології структури поверхні, але й амплітуду мікропластичних деформацій, що відіграють важливу роль у формуванні пошкодження структури металів та сплавів за циклічного навантажування.

Мета досліджень. Розробити нові методи дослідження накопичення експлуатаційного пошкодження в елементах конструкцій, що дозволять оцінювати граничні рівні питомої щільності мікропластичних деформацій, які зумовлюють утворення макродефектів критичного розміру.

Результати досліджень. Згідно з методом [6] у цій роботі мікрорельєф розвинених смуг ковзання, сформований на поверхні лабораторних сталевих зразків, у проміжках припинення циклічного навантажування освітлювали когерентним промінням, а у напрямку відбитого від поверхні проміння на світлодіодній матриці з'являлося поле віртуальних спеклів (спеклограма) з дискретним розподілом яскравості (рис. 1). Аналіз структури спеклограм дозволяє кількісно оцінити ступінь накопичення дефектів поверхні зразка. Виокремівність розробленої експериментально-інформаційної системи аналізу кількісних характеристик розсіяної пошкодженості пружно-пластичного матеріалу методом когерентно-оптичного сканування становить до 0,2 мкм/пкс [7].

Для кількісного відстеження стану пошкодженості поверхні конструкційних металевих матеріалів запропоновано визначати коефіцієнт пошкодженості (мікропластичності) k_D, як кореляційну характеристику деформаційних властивостей поверхні конструкційного матеріалу. Цей коефіцієнт, який є кількісною мірою деформаційного рельєфу, поверхні, розраховують за формулою:

$$k_D = (I_i - I_0)/I_i,$$

де різниця $(I_i - I_0)$ характеризує ступінь пошкодження поверхні мікропластичних деформацій у площі вікна базової матриці; I_0 –значення параметра площі пошкоджень перед початком циклічного навантажування; I_i – поточне значення параметра площі пошкоджень. У випадку цифрового аналізу спеклограм параметр I потрібно розглядати як величини яскравості спеклограм у діапазоні відтінків сірого (0-255) для досліджуваних етапів циклічного навантажування.

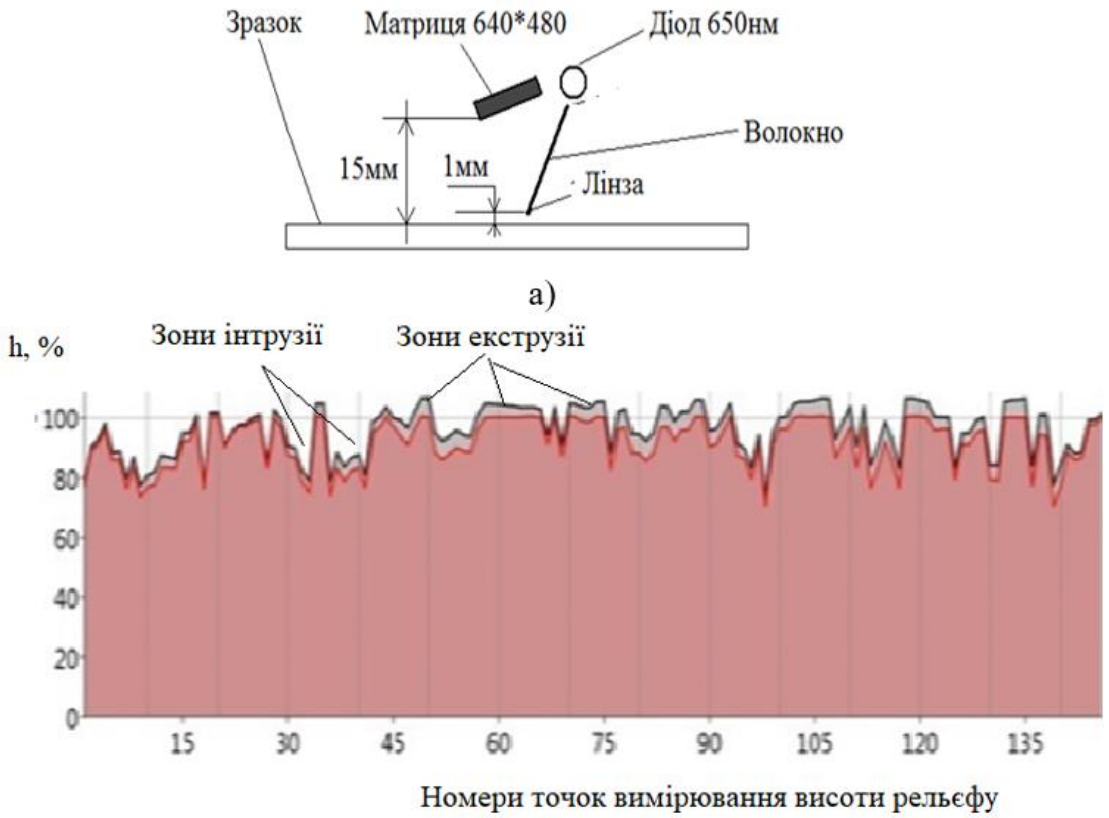
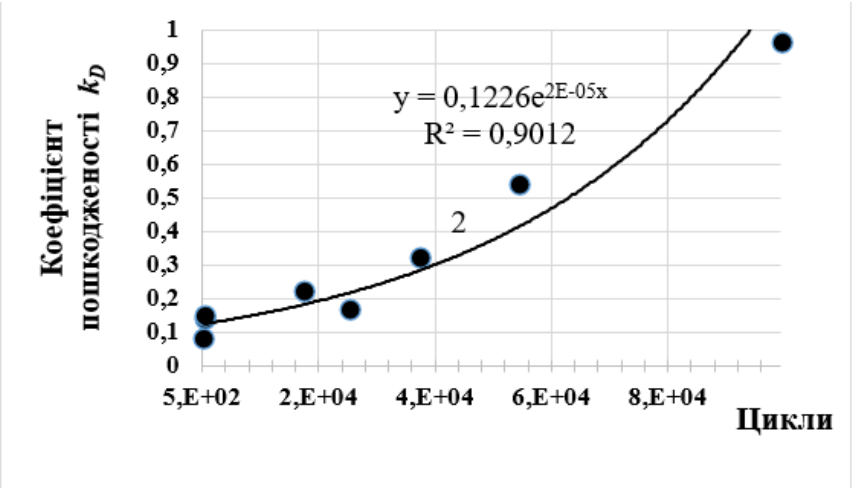


Рис. 1. Схема методу аналізу накопичення деформаційних дефектів за втоми зразків: а) оптико-механічна схема реєстрації зображення спеклограм; б) щкала рельєфу площин ковзання щодо поверхні на перерізі зразка (*h*– нормалізована шкала висот профілю деформаційного рельєфу).

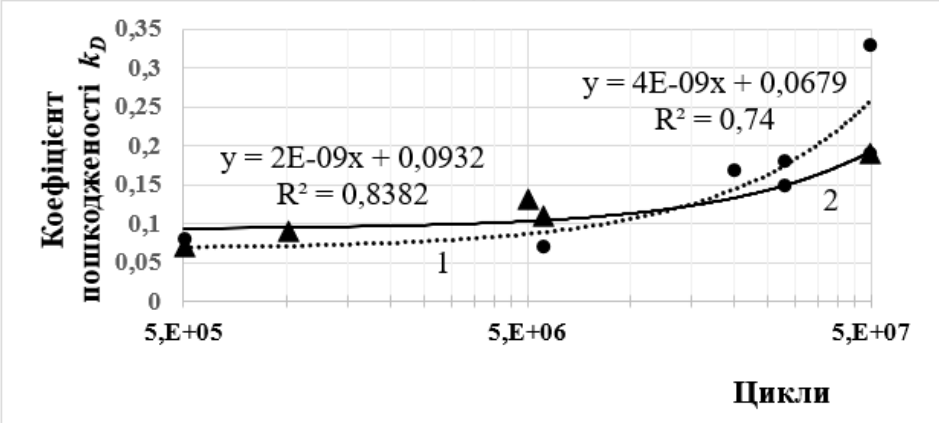
На рис. 2 представлено кінетичні діаграми коефіцієнта пошкоджуваності зразків сталі Ст 45 і Ст 20, побудовані за результатами випробувань з рівнями циклічних напружень вище і нижче відповідних меж витривалості, що зумовило різну тривалість циклічного навантажування.

Випробування зразків сталі Ст 45 проводили за циклічних напружень σ_a = 120 МПа (рис. 2, б), а зразків Ст 20 – за циклічних напружень σ_a = 240 МПа (рис. 2, а) та σ_a=200 МПа (рис. 2, б).

Представлені діаграми можна описати експоненційними залежностями. З рис. 2, б видно, що рівняння діаграм для обох досліджених сталей подібні, нахил залежить від величини циклічних напружень у розглянутому їх діапазоні, що узгоджується з малою інтенсивністю накопичення деформаційного мікрорельєфу на поверхні зразків за напружень близьких до межі витривалості.



а)



б)

Рис. 2. Характеристики пошкоджуваності сталей Ст 45 (діаграма 1) і Ст 20 (діаграми 2) за різних циклічних напружень (R^2 – характеризує ступінь достовірності апроксимації експериментальних даних наведеними на рисунку рівняннями).

Висновок. Результати, отримані у цій роботі, сприяють створенню науково-методичних засад експериментально-розрахункових методів визначення залишкового експлуатаційного ресурсу металоконструкцій за умов дії циклічного навантажування, а також методів відстеження накопичення деформаційних дефектів на поверхні відповідальних елементів металоконструкцій і деталей мобільної сільськогосподарської техніки за багатоциклової втоми.

Список використаних джерел

1. Jiali Lin, Yehan Liu, Dean T.A. A review on damage mechanisms, models and calibration methods under various deformation conditions. *International Journal of Damage Mechanics*, 2005. 14 (4). 299-319.

2. Grabovsky A., Bondarets O., Babiienko I. Kinetics of damage of materials under various regimes of re-changeable loads. *Mech. Adv. Technol.*, 2021. Vol. 5. No. 3. 325-331.

3. Миндюк В.Д., Карпаш М.О., Доценко Е.Р. Експериментальна перевірка характеру зв'язку між параметрами мікроструктури і фізичними властивостями матеріалів металоконструкцій довготривалої експлуатації для оцінки ступеню їх деградації. *Вісник Тернопільського національного технічного університету*, 2013. № 3 (71). С. 153-163.

4. Nao Fujimura, Takashi Nakamura, Kosuke Takahashi. Changing mechanisms of surface relief and the damage evaluation of low cycle fatigued austenitic stainless steel. *MATEC Web of Conferences. 12th International Fatigue Congress (FATIGUE 2018)*, 2018. Vol. 165 (2). 256-262.

5. Laura Aulbach, Félix Salazar Bloise, Min Lu and Alexander W. Koch. Non-contact surface roughness measurement by implementation of a spatial light modulator. *Sensors (Basel)*, 2017. Vol. 17. Iss. 3. 596.

6. Писаренко Г.Г., Войналович О.В., Майло А.М., Писаренко С.Г. Метод безконтактного визначення амплітуди деформації накопиченого експлуатаційного пошкодження металоконструкції. *Machinery & Energetics*, 2021. 12(3). С. 25-32.

7. Pysarenko G., Voinalovych O., Mailo A., Pysarenko S. A methodical approach to determining the damage characteristics of cyclically loaded samples of metal structures. *Machinery & Energetics*., 2022. Vol. 13, No. 4. 28-37.

УДК 631.4: 621.929, 658.012

ОЦІНКА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ СІВАЛОК

Харьковський І.С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наральникові сошники залишаються поширеним типом посівних робочих органів в умовах класичної та адаптованої технології обробітку ґрунту. Інтенсивне абразивне навантаження, місцеві дефекти ґрунту та контакт із сторонніми предметами призводять до прискореного зносу та порушення геометрії сошників, що погіршує точність висіву та збільшує енерговитрати агрегату [1]. Аналіз характерних пошкоджень, оцінка довговічності і впровадження заходів підвищення зносостійкості є важливими завданнями підвищення надійності та економічності посівних машин [2, 3].

Мета дослідження. Розробити методику комплексної оцінки технічного стану наральникових сошників і визначити ефективні організаційні та технічні заходи для підвищення їх ресурсу.

Основні методи досліджень включають комбінований підхід: лабораторні і стендові випробування зношування; польові випробування в різних ґрунтово-кліматичних умовах з контролем глибини і однорідності загортання насіння; аналіз твердості матеріалів (мікроструктура, твердість); техніко-економічну оцінку відновлення працездатності. Для порівняння використовуються класичні конструкції та модифіковані варіанти зі зміцненою або зміненою геометрією.

Основні очікувані та типові результати включають застосування зносостійких матеріалів, обґрунтування локальної термічної обробки крайок та захисних покриттів, що дозволяє значно зменшити швидкість зносу робочих поверхонь. Оптимізація геометрії робочої поверхні та кута входження в ґрунт знижує тяговий опір і, відповідно, енергоспоживання. Комплексна система контролю глибини і своєчасна діагностика покращують якість сівби протягом терміну служби сошника.

Практичні рекомендації передбачають: впровадити стандартизовані цикли випробувань для підбору сплавів для наплавлення і покриттів; застосовувати місцеве пластичне зміцнення для критичних поверхонь; розробити регламент періодичної перевірки геометрії.

Проведено аналіз фактичного ресурсу наральникових сошників**.** Прямі дані про ресурс наральникових сошників показують, що їх довговічність залежить від ґрунтових умов, абразивності, матеріалу робочих органів, періодичності обслуговування та ремонту [2].

Підвищення довговічності наральникових сошників посівних машин реалізується за наступними напрямами: підбір матеріалів та термічної обробки; використання захисних покриттів; конструктивні рішення; регулювання притискного зусилля, глибини й копіювання рельєфу поля; своєчасне діагностування та технічне обслуговування [3, 4].

Зазначені напрями знайшли реалізацію при забезпеченні надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів [5], за обгрунтування якісної передпродажної підготовки та після продажного обслуговування [6].

Список використаних джерел

1. Харьковський І. С., Новицький А. В. (2016) Аналіз конструкцій сошників для посіву по мінімальному. Сучасні проблеми землеробської механіки»: XVII міжнародна наукова конференція, м. Суми, Україна, 7-18 жовтня 2016 року: тези конференції. Суми. С. 102–104.

2. Харьковський І. С., Новицький А. В., Носіков С. О., Аналіз конструкцій сошників посівних машин. (2017). Сучасні технології

аграрного виробництва: III Міжнародна науковопрактична конференція, м. Київ, Україна, 7–9 листопада 2017 року: тези конференції. Київ. 2017. С. 194–196.

3. Karayel D. et al. (2024). The Effect of Furrow Opener and Disc Coulter on Seeding Performance. Agronomy (MDPI), 1277-1288. DOI:10.3390/agriengineering6020073

4. Hilmi Hussin, Ainul Akmar Mokhtar, Masdi Muhammad, Mohd Amin Abdul Karim. (2014). Development of Reliability Analysis Toolkit for Analysing Plant Maintenance Data. MATEC Web of Conferences. Volume 13, 2014. ICPER 2014. 4th International Conference on Production, Energy and Reliability. https://doi.org/10.1051/matecconf/20141305007.

5. Новицький А. В., Ружило З. В., Котречко О. О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 151–157. DOI: 10.31548/machenergy.2019.03.151-157

6. Новицький А. В. (2019). Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 10, No 3, P. 87–94. DOI: 10.31548/machenergy.2019.03.087-094.

УДК 621.436.5

КОНТРОЛЬ ВОЛОГОСТІ ДЕРЕВИНИ У ПРОЦЕСІ ПОДРІБНЕННЯ

Гіззатуллін О.С.
Полтавський державний аграрний університет

Вологість деревини є важливим показником, що визначає її фізико-механічні властивості. Вплив вологості на процес подрібнення: високий вміст вологи знижує ефективність подрібнення та знос машин. У той же час, занадто низький рівень вологості може призвести до утворення пилу і підвищення ризику пошкодження оброблюваного матеріалу або самого обладнання. Існує кілька підходів до вимірювання вологості, серед яких особливої уваги заслуговують електрофізичні методи. Один із найпоширеніших способів – це визначення вологості за допомогою мегомметра, вологоміри на мікроконтролерах esp 32 [1] та ARDUINO, які вимірюють електричний опір деревини. Оскільки вологість значно впливає на провідність матеріалу, цей метод дозволяє швидко та з високою точністю оцінити вологість як у лабораторних умовах, так і безпосередньо на виробництві. Таким чином, контроль вологості є необхідним для підтримки

оптимальних умов обробки та підвищення ефективності технологічного процесу.

Мета контролю вологості: забезпечення оптимальних умов для подрібнення та мінімізація енергетичних витрат.

Методика контролю вологості деревини за допомогою мегомметра [10].

Контроль вологості деревини за допомогою мегомметра ґрунтується на зміні електричного опору деревини залежно від її вологості. Оскільки вода є провідником струму, то зі збільшенням вологості опір деревини зменшується. Навпаки, суха деревина має високий опір. Саме цей принцип лежить в основі електрофізичного методу вимірювання вологості.

Підготовка до вимірювання. Деревина має бути чистою, без смоли, пилу та сторонніх включень у місці вимірювання. Температура зразка повинна бути близькою до температури навколишнього середовища (оптимально – +15…+25 °C). Довжина і товщина зразків мають бути стандартними (не менше 20–30 см в довжину та 2–5 см в товщину), якщо проводиться лабораторне дослідження.

Обладнання. Мегаомметр (мегомметр) – прилад для вимірювання опору в межах від сотень кОм до кількох десятків МОм. Електроди (контактні щупи), що з’єднуються з поверхнею деревини.

Порядок вимірювання. Увімкнути мегаомметр і виставити необхідний діапазон вимірювання (зазвичай 100 кОм – 200 МОм). Приєднати електроди мегаомметра до поверхні деревини на відстані 20–50 мм один від одного. Контакт має бути щільним і забезпечувати надійне з’єднання. Здійснити вимірювання електричного опору. Значення фіксується після стабілізації показника. За допомогою калібрувальної таблиці (графіка залежності опору від вологості для певної породи деревини) визначити орієнтовне значення вологості.

Інтерпретація результатів. Наприклад, для сосни при опорі 1 МОм – вологість становить приблизно 12–15 %. При опорі понад 10 МОм деревина вважається сухою (вологість нижче 10 %). Опір нижче 100 кОм свідчить про надмірну вологість (вище 25 %).

Особливості методу. Точність залежить від температури, породи деревини та рівномірності її вологості. Для більш точного визначення вологості рекомендується проводити кілька вимірювань у різних точках зразка. Метод є непрямим, оскільки вологість визначається на основі емпіричної залежності між опором і вмістом вологи.

Переваги методу: швидкість вимірювання; можливість проведення контролю без знищення зразка; використання в умовах виробництва; простота експлуатації обладнання.

Фактори, що впливають на вологість деревини в процесі подрібнення

Тип деревини: різні види мають різні властивості щодо вбирання і втрати вологи.

Умови зберігання: тривале зберігання деревини на відкритому повітрі може призводити до коливань її вологості.

Температурні коливання: різкі зміни температури можуть призвести до конденсації або випаровування вологи з поверхні деревини.

Технічні аспекти контролю вологості під час подрібнення

Автоматичні системи контролю та регулювання вологості: використання сенсорів для підтримки стабільної вологості під час процесу подрібнення.

Енергетичні витрати: підтримка оптимального рівня вологості може значно знижувати енергетичні витрати на подрібнення, зокрема через зниження зносу механізмів.

Практичне застосування контролю вологості у деревообробній промисловості

Деревообробні підприємства: контроль вологості дозволяє підвищити ефективність виробничих процесів і забезпечити високу якість кінцевого продукту.

Вплив на якість дерев'яних виробів: оптимальна вологість під час обробки важлива для запобігання розтріскуванню та деформаціям в кінцевих виробах.

Перспективи розвитку технологій контролю вологості деревини

Інноваційні методи вимірювання вологості, зокрема використання лазерних технологій або інфрачервоних сенсорів.

Перехід до більш точних і швидких автоматизованих систем контролю для підвищення ефективності виробництва.

У результаті: контроль вологості є критичним для досягнення високої ефективності в процесах подрібнення деревини.

Використання сучасних технологій та автоматизація контролю може значно покращити процеси обробки деревини, зменшити енергетичні витрати та підвищити якість продукції.

Список використаних джерел

1. Arduino Uno R3 Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3 – Назва з екрана.

2. Білий С. Г., Попович В. І. Методи визначення вологості деревини та їх застосування в технологічних процесах. Деревообробка. 2016. Т. 1, №1. С. 45–50.

3. Верещагін А. І. Пристрої для вимірювання вологості в промислових умовах. Київ: Наукова думка, 2018.

4. Гарсія С., Лопес М., Фернандес Л. Influence of moisture content on wood properties and processing. Wood Science and Technology. 2012. 46(2). P. 289–298. https://doi.org/10.1007/s00226-011-0439-3

5. Goncalves A. et al. A review of moisture measurement methods in wood and wood products. Wood Material Science & Engineering. 2016. 11(1). P. 1–12. https://doi.org/10.1080/17480272.2015.1092762

6. Горобець І. П. Інженерна екологія в лісовій та деревообробній промисловості. Чернівці: ЧНУ, 2014.

7. Куриленко О. П. Інтернет речей в промисловості: розробка вологомірів на базі ESP32 та Arduino. Технічні науки та технології. 2021. Т. 4, №3. С. 89–94.

8. Петренко М. В., Савченко В. О. Обробка деревини та використання сучасних технологій вимірювання вологості. Лісова промисловість. 2017. Т. 2, №3. С. 115–122.

9. How to control a Servo Motor with Arduino [Електронний ресурс] // Arduino Project Hub. – Режим доступу: https://create.arduino.cc/projecthub

10. Шляхтицький О. О. Техніка вимірювань в деревообробній промисловості. Системи обробки інформації. 2013. №1. С. 97–100.

УДК 631.372

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МАШИНА З АВТОНОМНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЕНЕРГІЇ

Погорілий С.П., Присяжний В.Г., Макогін О.О., Мірний В.Ю., Крупич С.О.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. На рентабельність сільськогосподарського виробництва суттєво впливає вартість машин, що використовуються в технологічних процесах. Своєчасне виконання сільськогосподарських операцій потребує високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів (МТА) великої потужності, які за один прохід виконують декілька технологічних операцій.

Підвищення швидкості виконання технологічних операцій потребує непропорційного підвищення потужності. Тому підвищують тягове зусилля тракторів, що дає змогу збільшувати і ширину захвату і виконувати декілька операцій за один прохід. А це потребує збільшення зчіпної маси трактора, яка негативно впливає на структуру ґрунту.

На сьогоднішній день на ринку України пропонуються трактори потужністю до 700 к.с., а їх вага з баластуванням зростає до 50 т, збільшилося навантаження на вісь – із 10 т до 20 т, а число осей – до 4 [1].

Для забезпечення технологічного процесу значну частину потужності ДВЗ трактора доцільно спрямувати на привод ходових систем причіпних сільськогосподарських машини. Це дає можливість отримати трактор меншої зчіпної маси, і відповідно меншим навантаженням на ґрунт.

У різних галузях промисловості та сільського господарства для підвищення прохідності застосовують декілька джерел енергії.

Сумісна робота декількох локомотивів практикується з початку створення залізничного транспорту [2].

На ринку автомобілів значну нішу займають гібридні моторно-трансмісійні установки. Це стосується не тільки легковиків, а й міських автобусів та вантажівок. Автомобільні «гібриди» переважно оснащуються двома типами силових агрегатів: електродвигун, який може працювати разом з двигуном внутрішнього згоряння. Але використовуються й інші види накопичення енергії та приводу рушіїв.

Серійно виготовляється низка транспортних засобів військового призначення. Гібридні моторно-трансмісійні установки почали широко впроваджуватись і в дорожньо-будівельній техніці. Самохідний скрепер CAT 657 G всесвітньо відомої багатопрофільної фірми «Caterpillar» оснащений двома моторно-трансмісійними установками [4].

У сільськогосподарському тракторобудуванні також відомо принцип здвоєння тягово-транспортного засобу (ТТЗ) на базі тракторів «Ford» [5].

Мета. Зменшення витрат пального, буксування рушіїв та руйнування структури ґрунту шляхом обладнання сільськогосподарської машини автономним джерелом енергії

Результати досліджень. В ІМА АПВ НААН розроблено макетний зразок МТА тягово-приводної концепції та вимірювального комплексу для проведення його досліджень, який виконано на елементній базі «ардуіно», який показав роботоздатність системи керування перерозподілом електричної потужності з перетворенням на механічну між рушіями модулів МТА.

За результатами досліджень визначено, що перерозподіл потоків енергії необхідно регулювати відповідно до вирівнювання питомої сили тяги всіх рушіїв МТА та їх буксування, з урахуванням параметрів модуля, який задає технологічну швидкість.

Висновок. Обладнання сільськогосподарської машини автономним джерелом енергії дозволить використовувати тягово-транспортний засіб (трактор) меншої потужності, що зменшить загальну масу машинно-тракторного агрегату, його негативний вплив на щільність ґрунту, витрати пального та загальну вартість.

Список використаних джерел

1. Інформація потужності і ціни тракторів в Європі. URL.: https://www.dlz-agrarmagazin.de/traktoren (дата звернення: 24.07.2021).

2. Кузьмич В. Д., Руднев В. С., Френкель С. Я. Теория локомотивной тяги: учебник для вузов ж.-д. транспорта / под ред. В. Д. Кузьмича. М.: Издательство «Маршрут», 2005. 448 с.

3. Інформація скрепера Car. URL.: https://www.zeppelin.ru /about/news/ tekhnologiya-zemljanukh-rabot-s-ispolzovanie-skreperov-cat-delimsya-uspeshnym/ (дата звернення: 24.07.2021).

4. Деркач О. П. Еволюція сільськогосподарської техніки: монографія. К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 736 с.

УДК 331.45:631.3

ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГРОРОБОТІВ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Горобець В.Л., Дмитрюк С.П.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Аулін В.В., Лівіцький О.М., Дяченко Д.О.
Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Злочинне воєнне вторгнення росії в Україну спричинило такі масштаби збитків, наслідки яких сьогодні не можуть компенсувати міжнародні організації, гуманітарні фонди та уряди дружніх країн. Це стосується і аграрного виробництва, яке потерпає від зменшення людських ресурсів, обмеження ринків збуту, подорожчання енергоносіїв і логістики. Велика частина полів є замінованими. Очевидно, що після закінчення бойових дій, на розмінованих та очищених від канцерогенів полях не буде повної гарантії безпеки для персоналу, задіяного в агровиробництві. А тому, на наш погляд, поряд із традиційними енергетичними засобами варто застосовувати і безпілотні мобільні автономні платформи (БМАП). Використання (БМАП) буде виправдане дефіцитом механізаторів, можливістю забезпечити вищу продуктивність технологічних операцій та більшою безпекою праці. Концепцію БМАП представила компанія SEED MASTER, яка згодом буда викуплена корпорацією RAVON – це аграрний робот OMNiPower (рис.1). Конструктивно БМАП виконано на просторовій рамі, на якій розміщений двигун, трансмісія та чотири приводних і керованих колеса. Цей енергетичний засіб не має кабіни, органів керування та інших класичних засобів управління. OMNiPower оснащений дизельним двигуном Perkins та може агрегатуватись із сільськогосподарськими машинами виробництва SEED MASTER: сівалкою, розкидачем мінеральних добрив та обприскувачем. Керується OMNiPower дистанційно за допомогою

спеціального планшета зі встановленим програми забезпеченням. Технічний ланцюжок «оператор-машина» є одним із уразливих, бо оператор може знаходитись будь-де, де є доступ до інтернет, а БМАП працює автономно в полі. І саме тут є прогалини, як в технічному плані, так і в юридичному з точки зору безпеки праці. На жаль, на даний момент існує вкрай обмежена кількість публікацій, в яких досліджуються проблеми охорони праці при експлуатації таких систем [1 – 4]. Обґрунтування критеріїв безпеки при експлуатації безпілотних мобільних автономних платформ в агропромисловому виробництві є завданням даної роботи.

Рис. 1. Аграрний робот OMNiPower

Вирішення завдання. Для вирішення поставленого завдання було досліджено фактичні виникнення нештатних ситуацій, випадки відхилення від технологічних завдань БМАП OMNiPower, пов’язаних із системою «оператор-машина». Для виконання технологічної операції в бортових комп’ютер БМАП завантажували карту припису і агрегат починав реалізацію завдання. Місцеположення визначалось за координатами в системі GPS. У разі відсутності сигналу GPS автономні камери інформували про ситуацію попереду агрегату та убезпечували наїзд на перешкод. Інформація на сервер передається за допомогою GSM. Виробником агроробота OMNiPower запропоновано такі пункти щодо безпеки праці при його експлуатації [5].

1. Загальні вимоги безпеки. Правила безпеки при експлуатації OMNiPower.
2. Вимоги безпеки під час технічного обслуговування.
3. Вимоги безпеки під час транспортування.
4. Безпека праці при виникненні пожежі.

Аналіз джерел [5, 6] не виявив правил з безпеки експлуатації агроробота OMNiPower при отриманні спотвореного сигнала GPS або його зникненні. Виробник вказує на необхідність оператора під час дистанційного управління роботом знаходитись на відкритій ділянці, а не, наприклад, в кабіні автомобіля чи в іншому місці, де можуть бути перешкоди для сигналу [6]. Експериментальна частина. В умовах реальної

експлуатації такого робота на навчальних полях Olds College (Канада), сталося 5 випадків відхилення від виконання технологічних операцій, коли втрачався зв'язок робота із GPS. Це призводило до зміни фактичної траєкторії руху OMNiPower від запланованої. Один раз агрегат виїхав за межі поля (рис. 2) та після заїзду в кювет, зупинився. Від подальшого руху та перекидання агрегату заблокувала система нахилу його кута.

Рис. 2 Виїзд агрегату за межі виробничої зони поля при зникненні сигналу GPS.

Дослідження проводилося при розкиданні гранульованих мінеральних добрив, перший прохід. Ширина розкидання складала 21 м. Але, як видно з рис. 2, агрегат виїхав за край поля. Тобто, він несанкціоновано подолав відстань, довжиною в половину робочої ширини захвату, тобто, більше 10 м. Технічно забезпечення безпечної експлуатації агроробота при зникненні сигналу GPS вирішується налаштуванням бортового комп'ютера на задані дії. Наприклад, при настанні такого випадку агрегат програмується на зупинку або на рух до краю поля на поворотну смугу з наступною зупинкою. Незважаючи на те, що OMNiPower оснащений декількома камерами, які мають забезпечувати автономний контроль за виникненням небезпечних факторів, вони не гарантовано виконують покладені функції. Причина та імовірність неспрацювання їх не досліджена. Фактором ризику може бути неточна карта припису. Наприклад, можна помилково не позначити ухил ділянки поля, щойно утворену штучну перешкоду тощо. Отже, в картах припису при диференційованому землеробстві необхідно вказувати три координати поля, а не дві. Автори вважають, що при експлуатації агророботів в Україні розглянутої концепції мають бути вирішені такі питання:

1. Дозволена відстань експлуатації МБАП від найближчого населеного пункту. Ця відстань буде залежати від імовірності появи сторонньої людини (дитини) в полі, в залежності від відстані до н.п.

2. Обов'язкова умова експлуатації в зоні дії базової станції RTK. Ув'язка системи навігації агроробота OMNiPower зі станцією RTK підвищить точність лінії руху, а оператор буде вчасно отримувати сповіщення про відхилення від траєкторії. Також можна забезпечити додаткову функцію зупинки агрегату при відхилення від траєкторії на певну величину.

3. Робот має бути дооснащений дистанційним металошукачем. Це необхідно для того, щоб вчасно виявляти можливі металеві уламки, залишки боєприпасів тощо, які, з великою імовірністю, будуть траплятися при експлуатації агрегату на розмінованих полях.

Висновки:

1. Впровадження агророботів затримується відсутністю уніфікованих стандартів та нормативної бази. Очікується, що в Європейському Союзі відповідні стандарти будуть розроблені не раніше 2027 року.

2. Показано, що при експлуатації агророботів існують прямі небезпеки у вигляді фізичного з'їзду агрегату із запланованої траєкторії.

3. Запропоновано такі критерії при обґрунтуванні вимог безпеки праці: безпечна відстань експлуатації агроробота від населеного пункту; обов'язкова експлуатація в зоні дії RTK-станції; наявність оптичних та хвильових засобів виявлення сторонніх предметів на шляху руху робота.

*Автори висловлюють подяку випускнику і почесному професору ДДАЕУ Євгену Михайліченку за сприяння з боку Olds College у написанні даної роботи.

Список використаних джерел

1. John Deere анонсував випуск безпілотного трактора | IAC "Аграрії разом": http: agrarii-razom.com.ua
2. Безпілотні трактори. Коли вихід в поле? / http: traktorist.ua
3. Цифрові рішення від CLAAS / http: claas.com
4. Безпілотні машини поки що не здатні замінити звичайний трактор – дослідження / http: superagronom.com
5. Internal Training: HRI and Manual operation of Dot Power Platform / http: www.SeeDotRun.com
6. DOT operator's manual 2019. Farming Reimagined / http: www.seedotrun.com

УДК 661.719.2

ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЬ СІРКОВМІСНИХ СПОЛУК У ПАЛИВІ ЯК ЕЛЕМЕНТ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Сафтюк Я.В.
Вінницький національний аграрний університет

Якість пального є ключовим чинником надійності та довговічності роботи сільськогосподарських машин. Одним із найбільш шкідливих компонентів у складі нафтопродуктів є сірка та її сполуки. Під час згоряння

пального з підвищеним вмістом сірки утворюються оксиди, які спричиняють:

– прискорений знос двигунів та паливної апаратури (форсунок, насосів високого тиску, турбокомпресорів);

– підвищені витрати на ремонт і технічне обслуговування, зокрема необхідність частішого відновлення або заміни вузлів;

– зменшення ресурсу моторних олив та фільтрів;

– зниження загальної продуктивності і надійності техніки [1].

Згідно з останніми дослідженнями інституту споживчих експертиз 20 українських АЗС, показало, що більше третини дизельного палива мали суттєві перевищення норм вмісту сірковмісних сполук. Деякі зразки мали перевищення в десятки разів. Однак як вказано в їх дослідженнях, тенденція позитивна і з кожним роком якість пально в національних АЗС покращується. Що в свою чергу підтверджує теорію що контроль за якістю палива є важливою задачею [2].

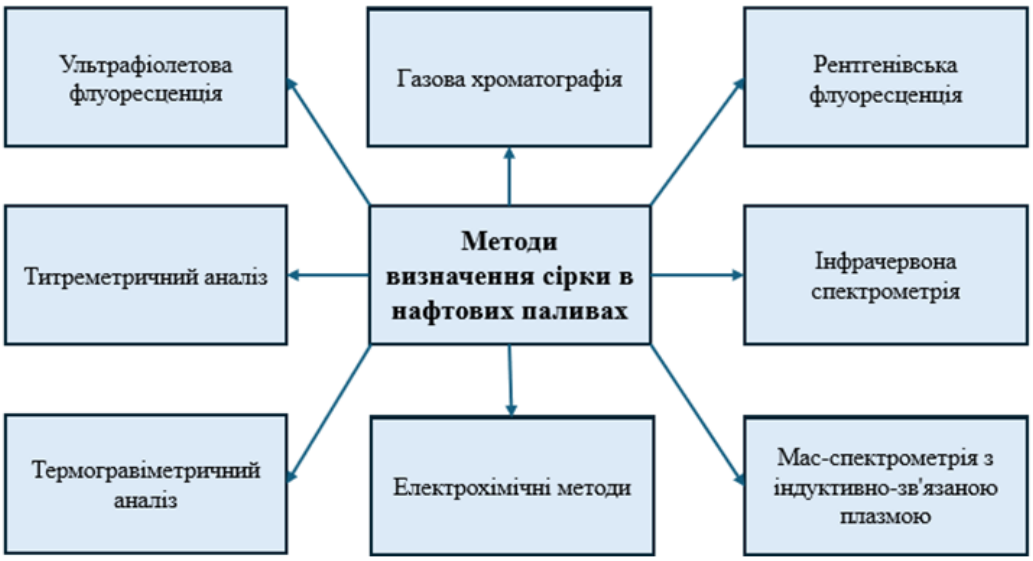


Рис. 1. Методи визначення сірки в нафтових паливах

За останні десятиліття розроблено чимало методів та засобів вимірювання масової частки сірки в нафтопродуктах. Ці дослідження наведені у сотнях наукових праць. Традиційні лабораторні методи визначення сірки відзначаються високою точністю, однак вони є складними, дорогими та непридатними для швидкої перевірки якості пального у процесі експлуатації. У зв’язку з цим актуальним напрямом розвитку є впровадження експрес-методів, що забезпечить оперативний контроль безпосередньо на місцях заправки сільськогосподарських машин.

Серед сучасних підходів можна виділити оптичні (інфрачервона спектроскопія, флуоресценція), електрохімічні та сенсорні методи, які

дозволяють визначати концентрацію сірковмісних сполук у режимі реального часу. Використання портативних приладів на основі таких технологій дозволяє інтегрувати контроль якості палива у систему технічного сервісу агропідприємств.

Експрес-контроль сірки має подвійний ефект: по-перше, знижується ризик використання неякісного палива та поломок техніки; по-друге, створюються передумови для зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу, що відповідає сучасним екологічним вимогам [3].

Таким чином, впровадження експрес-аналізу сірковмісних сполук у паливі є важливим елементом системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки, який сприяє підвищенню ефективності виробництва, енергозбереженню та екологічній безпеці.

Список використаних джерел

1. Білинський Й. Й., Сахно О. М. Аналіз сучасних методів визначення сірки у вуглеводневих паливах. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2017. № 3. С. 100–108.

2. Результати перевірки бензину в українських мережах АЗС [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://expertise.in.ua/articles/cat/palne (дата звернення: 01.10.2015).

3. Сафтюк Я.В. Сучасні рішення та розвиток основних методів і засобів вимірювання масової частки сірки в нафтових паливах. *Вісник Національного технічного університету.* 2024. № 341(5). С. 477-484.

4. Білинський Й. Й., Городецька О. С., Кротевич В. В. Огляд методів визначення вмісту сірки в нафтопродуктах. *Наукові праці ВНТУ*. 2014.

УДК 66.095:66.071.3:665.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИКОМПОНЕНТНИХ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ

Штуць А.А.
Вінницький національний аграрний університет

У роботі проведено дослідження фізико-хімічних властивостей та експлуатаційних характеристик трикомпонентних паливних сумішей, що містять біоетанол, дизель та біодизель. Метою дослідження було визначення впливу складу сумішей на густину, кінематичну в’язкість, температуру займання, теплоту згоряння, стабільність суміші, а також на параметри роботи дизельного двигуна — потужність, питому витрату палива та викиди CO і NOx. Встановлено, що оптимальним складом з точки

зору енергетичної ефективності, стабільності та екологічної безпеки є суміш B20E15D65 (20% біодизель, 15% біоетанол, 65% дизель), яка забезпечує мінімальні викиди шкідливих речовин при збереженні високих експлуатаційних показників двигуна.

Підготовка зразків полягала у створенні трьох типів сумішей: B10E10D80, B20E15D65 та B30E20D50, що відрізнялися співвідношенням біодизелю, біоетанолу та дизелю. Для оцінки фізико-хімічних властивостей проводили вимірювання густини при 15 °C, кінематичної в'язкості при 40 °C, температури займання, нижчої теплоти згоряння та стабільності суміші (наявність фазового розшарування). Експлуатаційні характеристики двигуна визначали через вимірювання потужності, питомої витрати палива, викидів CO та NOx, а також ефективності двигуна у відсотках. Вимірювання виконували за адаптованими стандартами ДСТУ EN 590:2018, а експлуатаційні параметри оцінювали на лабораторному стенді з малими дизельними двигунами. Для аналізу даних будували графіки залежності в'язкості, температури займання, теплоти згоряння та викидів CO і NOx від складу суміші, що дозволяло візуалізувати тенденції та порівняти результати.

Для оцінки фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей трикомпонентних паливних сумішей, що містять біоетанол, дизель та біодизель, були розглянуті зразки за трьома основними складами (Табл. 1): B10E10D80 (10% біодизель, 10% біоетанол, 80% дизель), B20E15D65 (20% біодизель, 15% біоетанол, 65% дизель) та B30E20D50 (30% біодизель, 20% біоетанол, 50% дизель).

Таблиця 1

Фізико-хімічні характеристики сумішей

Показики	Склад суміші		
	B10E10D80	B20E15D65	B30E20D50
Біоетанол (%)	10	15	20
Дизель (%)	80	65	50
Біодизель (%)	10	20	30
Густина (кг/м³)	832	838	845
В'язкість (мм²/с)	2,5	2,3	2,6
Температура займання (°C)	60	56	54
Теплота згоряння (МДж/кг)	41.5	40.8	39.5
Стабільність	Висока	Висока	Середня

У кожному зразку визначали фізико-хімічні показники, зокрема густину при 15 °C, кінематичну в'язкість при 40 °C, температуру займання,

нижчу теплоту згоряння та стабільність суміші (наявність фазового розшарування). Крім того, оцінювали експлуатаційні характеристики на модельному стенді: викиди CO та NOx, питому витрату палива та ефективність двигуна.

Дослідження виконували за методиками, адаптованими до вимог ДСТУ EN 590:2018, що дозволяло отримати порівнянні та надійні дані про фізико-хімічні властивості сумішей та їх поведінку під час роботи дизельного двигуна. Результати досліджень фізико-хімічних властивостей.

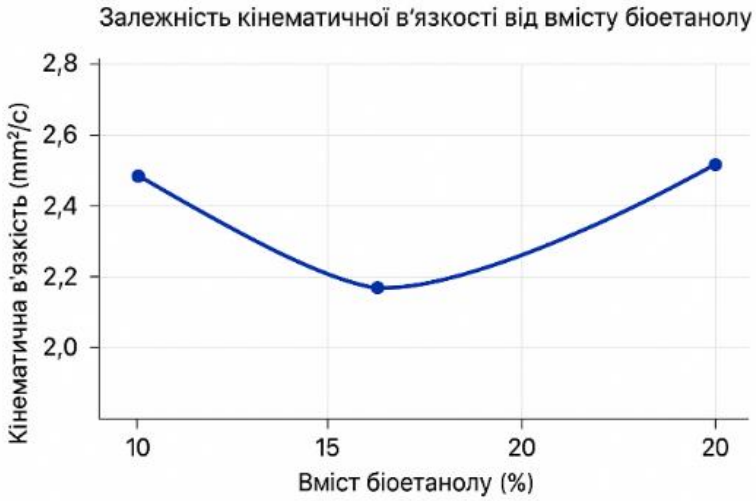


Рис. 1. Залежність кінематичної в’язкості від вмісту біоетанолу.

Умовний графік: показує, що з ростом біоетанолу в’язкість спочатку зменшується, потім стабілізується за рахунок біодизелю.

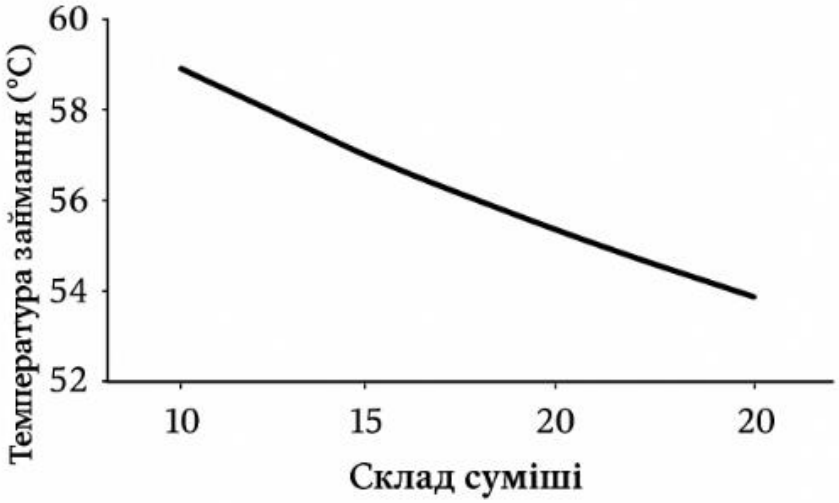


Рис. 2. Залежність температури займання від складу суміші (Умовний графік: температура займання знижується зі збільшенням частки біоетанолу, компенсована наявністю біодизелю.).

Таблиця 2

Модельні параметри роботи дизельного двигуна на сумішах

Показики	Склад суміші		
	B10E10D80	B20E15D65	B30E20D50
Потужність (кВт)	5,0	4,9	4,8
Питома витрата палива (г/кВт·год)	240	238	242
CO (г/кВт·год)	1,8	1,5	1,3
NOx (г/кВт·год)	4,2	3,8	3,5

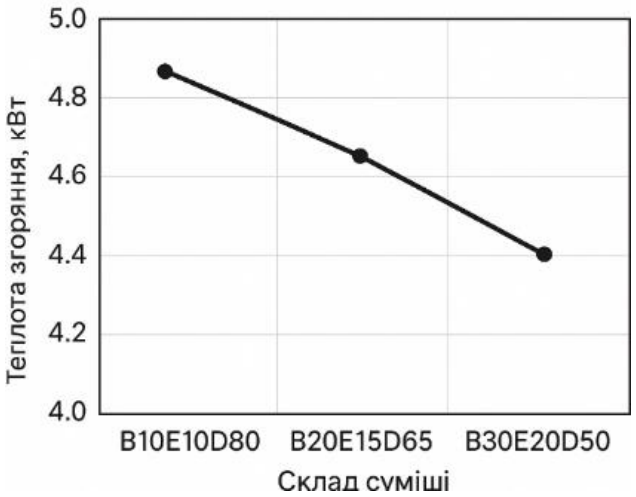


Рис. 3. Залежність теплоти згоряння від складу суміші (Показує плавне зниження теплоти згоряння із збільшенням частки біоетанолу.)

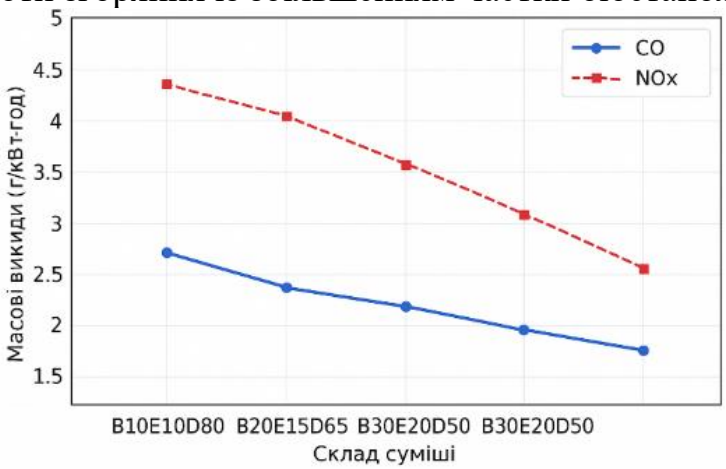


Рис. 4. Викиди CO та NOx від складу суміші (Показує зменшення викидів із ростом частки біоетанолу та біодизелю.)

Фізико-хімічні властивості: Найкращий баланс густини, в’язкості, температури займання та теплоти згоряння забезпечує суміш B20E15D65.

Стабільність: Суміш з високим вмістом біодизелю (≥20%) запобігає фазовому розшаруванню та забезпечує надійну експлуатацію.

Експлуатаційні показники: B20E15D65 демонструє найменші викиди CO та NOx, при цьому питома витрата палива залишається оптимальною.

Екологічний ефект: Збільшення частки біоетанолу та біодизелю покращує екологічні характеристики, зменшуючи викиди шкідливих речовин.

Таким чином, B20E15D65 є оптимальною трикомпонентною сумішшю для дизельних двигунів, поєднуючи енергетичну ефективність, стабільність і екологічну безпеку.

Висновки. Фізико-хімічні властивості показали, що суміш B20E15D65 забезпечує найкращий баланс густини, в'язкості, температури займання та теплоти згоряння, що робить її придатною для стабільної експлуатації. Вміст біодизелю ≥20% запобігає фазовому розшаруванню та підвищує надійність суміші.

Експлуатаційні показники двигуна вказують на те, що B20E15D65 демонструє мінімальні викиди CO та NOx при оптимальній питомій витраті палива, що підтверджує її ефективність. Зростання частки біоетанолу та біодизелю покращує екологічні характеристики палива, зменшуючи шкідливі викиди. Таким чином, суміш B20E15D65 є найбільш раціональною трикомпонентною сумішшю для дизельних двигунів, поєднуючи енергетичну ефективність, стабільність та екологічну безпеку.

Список використаних джерел

1. Білинський Й. Й., Городецька О. С., Кротевич В. В. «Огляд методів визначення вмісту сірки в нафтопродуктах». *Наукові праці ВНТУ*, 2014.

2. Ільченко А. В. Методологічні основи визначення і контролю витрат біопалив у процесі руху автомобіля. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. № 1(19). С. 61–67.

3. Стаднік М.І., Штуць А.А., Пилипенко О.В. Рівень енергозабезпечення тваринницьких ферм за рахунок біогазу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 1 (112). С. 100 -112.

4. Мельничук Д.О., Мельничук С.Д., Войціцький В.М. Аналітичні методи досліджень. Спектроскопічні методи аналізу: теоретичні основи і методики: навчальний посібник для підготовки студентів вищих навчальних закладів Київ : ЦП Компринт, 2016. 289 с.

5. Желєзна Т., Ковальчук О., Гончаренко В. Аналіз перспектив використання біопалив на морському транспорті. *International Scientific Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2024. Vol. 1, Issue 1. P. 45–52.

6. Бондаренко С.П. Екологічні переваги використання біоетанолу в системах живлення ДВЗ. *Вісник ХНАДУ*. 2020. №89. С. 107–112.

7. Бугрик О.В. Дослідження фізико-хімічних властивостей паливних сумішей дизельного та біодизельного палива. *Вісник ТДТУ*. 2019. Т. 24, №3. С. 75–82.

УДК 631.316

ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ НАВАНТАЖЕНЬ НА НАДІЙНІСТЬ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ

Макар О.З.
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Впровадження інноваційних розробок в технологічний процес обробітку грунту потребує використання відповідної сучасної техніки, функціонал якої повинен бути закладений ще на етапах проектування та виробництва. Отже основні вимоги до сучасної ґрунтообробної техніки повинні бути наступними [1, 2]: ресурсозбереження при виконанні всіх технологічних операцій; забезпечення високого рівня відповідності технологічного процесу заданим агротехнологічним вимогам; конкурентоздатний рівень комфорту та безпечності праці оператора; відповідність сучасним рівням якості і зокрема надійності.

Аналіз останніх досліджень. Грунтообробна техніка має свої особливості при виконанні поставлених технологічних операцій. Зокрема суттєвий вплив на формування рівня надійності подібної техніки оказує середовище в якому вона працює. Окрім дуже агресивного впливу ґрунту на робочі органи та місця кріплень та технологічних (особливо рухомих) з’єднань, які працюють в середовище абразивного зносу, що підсилюється вологістю ґрунту, несталим залишається і рівень навантаження, який окрім накопичення втомних пошкоджень ще й підвищує ризик виникнення раптових відмов, обумовлених перевантаженнями [3].

Мета досліджень. Визначення на етапі проектування основних факторів зовнішнього впливу, для забезпечення високого рівня конструктивної та технологічної надійності грунтообробної техніки.

Результати досліджень. Загальна теорія надійності дозволяє з високою імовірністю оцінювати та прогнозувати рівень надійності механічних систем та їх елементів. Висока адекватність забезпечується при використанні даних про експлуатацію, що характеризують рівень навантаження, що сприймає об’єкт. Однак умови в яких працює грунтообробна техніка відрізняється дуже широким спектром навантаження, який можливо визначити в якийсь конкретний момент. Але для умов, що враховуються при розрахунках на етапі проектування цього не достатньо. А при розрахунках пружних елементів робочих органів грунтообробної техніки слід мати значення не тільки максимально великих навантажень, що можуть призвести до раптових відмов, але й знати максимальну амплитуду можливих коливань, які формують накопичення відмов втоми. Моделі прогнозування надійності таких систем повинні

враховувати розсіювання вказаних параметрів, при чому гарантоване значення коефіцієнта варіації слід використовувати на рівні ν = 0,3 у випадках, коли про навантаження об'єкта інформація є недостатньою або її достовірність викликає сумніви.

Наглядним прикладом є пружні стійки робочих органів дискових борон, які в більшості своєму відмовляють в наслідок перевантажень, що зумовлені взаємодією з камінням, рослинними рештками, іншими перешкодами, та внаслідок втомних відмов, що досить швидко можуть накопичуватись при обробці занадто сухого або навпаки – занадто вологого грунту. При проектуванні, як правило, інформація про відмови та інформація про навантаження попередників або аналогів носить опосередкований характер та не враховує різні грунтово-кліматичні умови при яких можлива експлуатація.

Висновок. Отже статистична оцінка надійності на основі врахування навантаження в експлуатації аналогів робочих органів коливального типу повинна бути основою для імовірнісних моделей прогнозування рівня їх відмов, що гарантовано забезпечить можливість керування рівнем надійності та створити конкурентоздатну вітчизняну грунтообробну техніку.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. Київ: Каравела, 2018. 552 с.

2. Пастушенко С.І., Клендій М.Б., Клендій М.І. Дослідження агротехнологічних показників якості обробітку ґрунту бороною з гвинтовими робочими органами. Науковий вісник ТДАТУ, 2020, Випуск 10,том 1, С. 1-12.

3. Алфьоров О. І. Визначення імовірнісно-обгрунтованого коефіцієнту запасу пружних стіок культиватора методом інверсії. Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (16–18 жовтня 2022 року). МОН України. Житомир. 2022. С. 30–34.

УДК 614.8:631.3

РОЗУМНІ ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ДЛЯ КРАЩОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ НА РОБОТІ

Марчишина Є.І.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Розумні цифрові системи все частіше використовуються в різних секторах та на робочих місцях для моніторингу

та покращення безпеки і здоров'я працівників шляхом виявлення та оцінки низки професійних ризиків, таких як фізичні, ергономічні, психосоціальні, хімічні, біологічні та інші чинники, пов'язані з нещасними випадками. Прикладами є розумні засоби індивідуального захисту, які виявляють гази, токсини, шум та високі температури, а також портативні пристрої (датчики, вбудовані в каски, захисні окуляри), призначені для взаємодії з працівниками, а також мобільні (дрони) або стаціонарні системи для моніторингу небезпечних зон. Інші системи включають програмне забезпечення для моніторингу, цифрові додатки для реагування на надзвичайні ситуації та інструменти віртуальної або доповненої реальності для навчання. Додатки для смартфонів також можна використовувати для сприяння безпечнішій та здоровішій поведінці серед працівників. Ці нові системи використовують цифрові технології для збору та аналізу даних або сигналів для виявлення та оцінки ризиків у сфері охорони праці, тим самим запобігаючи або мінімізуючи шкоду та сприяючи охороні праці. Хоча дані свідчать про те, що нові інтелектуальні цифрові системи для охорони праці в деяких випадках все ще перебувають на початковій стадії розвитку, тенденція рухається до більшого впровадження завдяки більшій обізнаності про існуючі та нові потреби в галузі охорони праці [1].

Аналіз останніх досліджень. Статистика ЄС на рівні компаній [2] показує, що 4,8% опитаних підприємств повідомляли про використання переносних пристроїв, а 3,7% використовували колаборативних роботів (коботів). Існує сильна кореляція між розміром підприємства та впровадженням цифрових технологій. Більші підприємства, як правило, мають більше фінансових ресурсів для довгострокових досліджень і розробок та цифровізації, а також технічні можливості для інтеграції технологій моніторингу у всі свої операції. Вони мають людські ресурси для оцінки потреб, встановлення та розгортання технологій, а також для забезпечення необхідного навчання персоналу та надання посібників. Дані опитування (OSH Pulse, 2022) показують, що 11% працівників повідомляють про використання носимих пристроїв на роботі, а 3% працюють з коботами. Повідомляється, що 19% працівників використовують цифрові пристрої на робочому місці для моніторингу шуму, хімічних речовин, пилу, газів та інших небезпечних речовин, а 7% респондентів опитування – для моніторингу частоти серцевих скорочень, артеріального тиску, постави працівників, тощо.

Мета досліджень. Проаналізувати рівень застосування розумних цифрових технологій та підходи до інтелектуальних цифрових інструментів та систем на підприємствах та компаніях ЄС, їх позитивний досвід та окремі недоліки.

Результати досліджень. Існує два ключові загальні підходи до інтелектуальних цифрових інструментів та систем: проактивний підхід,

спрямований на запобігання шкоді та зміцнення здоров'я, та реактивний підхід, зосереджений на реагуванні на нещасні випадки та надзвичайні ситуації. Проактивний підхід сприяє превентивній оцінці ризиків, роблячи її швидшою, простішою, дешевшою та іноді безперервною (тобто цілодобово). Реактивний підхід мінімізує наслідки нещасних випадків та надзвичайних ситуацій, які вже сталися, наприклад, покращує звітність про нещасні випадки, роблячи її швидшою, автоматизованішою, дешевшою, простішою та менш стигматизуючою, а також покращує розслідування нещасних випадків.

Є позитивні наслідки для безпеки та гігієни праці від застосування цих технологій. Надаючи дані в режимі реального часу, прогнозну аналітику та навіть практичні рекомендації, інтелектуальні цифрові системи можуть допомогти компаніям застосувати проактивний підхід до безпеки та гігієни праці, прогнозуючи ризики, запобігаючи нещасним випадкам та захищаючи своїх працівників. Вони можуть особливо підтримувати компанії щодо:

• покращення дотримання правил охорони праці (наприклад, завдяки даним у режимі реального часу щодо належного використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);

• більш обґрунтованого прийняття рішень шляхом створення точної та швидкої інформації (параметрів) з охорони праці та використання прогнозуючих алгоритмів;

• більш ефективного забезпечення дотримання правил шляхом виявлення ризиків на агрегованому рівні;

• розширення можливостей навчання у середовищах віртуальної реальності;

• більшої доступності для працівників з особливими потребами (наприклад, працівники похилого віку або ті, хто має проблеми зі здоров'ям) та загальному покращенні добробуту робочої сили.

Розумні цифрові системи дозволяють виявляти ризики та виявляти їх на ранній стадії, що призводить до запобігання або уникнення шкоди. Діапазон ризиків включає індивідуальні та колективні шкідливі впливи та рівні навколишнього середовища, вплив ергономічних ризиків, ризики, пов'язані з виробництвом та приміщеннями, небезпечну поведінку працівників, погане здоров'я та самопочуття особистості та психосоціальні ризики. На практиці розумні цифрові системи часто служать кільком цілям охорони праці, поєднуючи більше однієї цифрової технології та інтегруючи кілька функцій. Тісна співпраця між розробником та впроваджувачем, взаємне розуміння потреб та пріоритетів, а також діалог на робочому місці між роботодавцем та працівниками є життєво важливими для забезпечення успішного впровадження рішення.

Незважаючи на позитивні аспекти, існують ризики та проблеми, які необхідно враховувати. Використання зібраних даних може мати обмеження, такі як неточності або труднощі в інтерпретації, і може

виконувати цілі, що відрізняються від профілактики безпеки і здоров'я працівників на роботі (БЗР). Розумні цифрові системи також можуть створювати нові небезпеки або збільшувати існуючі ризики. Наприклад, фізичні ризики та ризики для безпеки можуть виникнути, якщо системи виходять з ладу, їх зламають внаслідок кібератак, вони спричиняють вибухи або якщо надмірно покладаються на цифровий моніторинг БЗР на шкоду іншим процедурам. Крім того, розчарування через несправності обладнання, поодинокі, монотонні або повторювані завдання, постійний моніторинг працівників, необхідний для цифрової системи, відсутність навичок або навчання для їх використання та часті попередження, що генеруються цифровими технологіями, – все це психосоціальні ризики, які можуть бути пов'язані зі збільшенням стресу та іншими проблемами психічного здоров'я. Розумні системи моніторингу БЗР можуть розмити відповідальність за БЗР, особливо якщо не дотримується ієрархія контролю.

Колективні заходи безпеки не повинні поступатися місцем зосередженню на заходах особистого контролю. Також необхідно враховувати конфіденційність та захист даних. Чим нав'язливіший збір даних, тим більша потреба в залученні працівників. Конкретні заходи залежатимуть від системи, але повинні враховувати, які дані збираються, а також як вони зберігаються та обробляються.

Розумні цифрові інструменти, як частина ширшої системи охорони праці, перетворюють робоче місце на середовище, багате на дані, що викликає занепокоєння щодо конфіденційності та потенційного неправомірного використання персональних даних. Це підкреслює необхідність залучення працівників та їхніх представників до розгляду проблем, а також їх врахування під час впровадження нових інтелектуальних цифрових систем. Також існує необхідність прозорого інформування працівників та їхніх представників про те, як функціонують ці системи та які наслідки це має для них.

Висновок. Застосування розумних цифрових технологій та інструментів для моніторингу БЗР дозволяє виявляти ризики та виявляти їх на ранній стадії, що призводить до запобігання небезпечних ситуацій. Існує ризик, що розумні цифрові системи також можуть створювати окремі небезпеки, особливо в питаннях конфіденційності та захисту даних. Роботодавці повинні забезпечити належне навчання, коучинг та зворотний зв'язок для працівників з метою підтримки використання та управління розумними цифровими технологіями та інструментами.

Список використаних джерел

1. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.

2. Електронний ресурс: https://osha.europa.eu/en/publications-priority-area/smartdigital-systems.

УДК 631.372

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕЗ ТИПУ «АВТОТРАКТОР»

Мірний В.Ю.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. В умовах сучасного аграрного виробництва економічна ефективність функціонування машинно-тракторного парку (МТП) визначає фінансові результати діяльності господарств. Зростання вартості техніки, палива та ремонтних матеріалів спонукає до пошуку шляхів зниження собівартості технологічних операцій.

Трактори тягового класу 1,4, що широко застосовуються в господарствах, часто не забезпечують достатнього рівня завантаження протягом року, що знижує рентабельність їх використання. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності є впровадження мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) на базі автомобільного шасі підвищеної прохідності, здатних виконувати як тягові, так і транспортні операції.

Попередні дослідження [1] підтверджують, що монтаж технологічного обладнання безпосередньо на рамі МЕЗ дозволяє зменшити вартість агрегатів на 25–35 %, знизити масу та спростити обслуговування.

Мета досліджень. Визначити економічну ефективність використання МЕЗ типу «Автотрактор» у порівнянні з тракторами тягового класу 1,4 при вирощуванні озимої пшениці у господарствах Лісостепової зони України.

Результати досліджень. Розрахунки щодо визначення економічної ефективності використання МЕЗ типу «Автотрактор» виконано для господарства з площею землекористування 200 га [2]. Було порівняно п’ять варіантів МТП, сформованих на базі тракторів YTO NLX 1154 (рис. 1, a), Armatrac 1104 (рис. 1, b), Massey Ferguson MF 5S.115 (рис. 1, c), John Deere 6115 (рис. 1, d) та МЕЗ типу «Автотрактор» (рис. 1, e).

Для всіх варіантів використовувались однакові сільськогосподарські машини, але у випадку МЕЗ типу «Автотрактор» причіпне обладнання монтувалося безпосередньо на раму, що дало змогу знизити його вартість приблизно на 30 % [3].

Крім того, поєднання транспортних і технологічних функцій в одному агрегаті дозволило відмовитися від додаткової техніки для підвезення матеріалів. Прямі експлуатаційні витрати у варіантах з різними МЕЗ в основі МТП становили:

- YTO NLX 1154 – 12 993 грн/га;

- Armatrac 1104 – 13 646 грн/га;
- Massey Ferguson MF 5S.115 – 15 011 грн/га;
- John Deere 6115 – 15 851 грн/га;
- МЕЗ-115 «Автотрактор» – 11 687 грн/га.

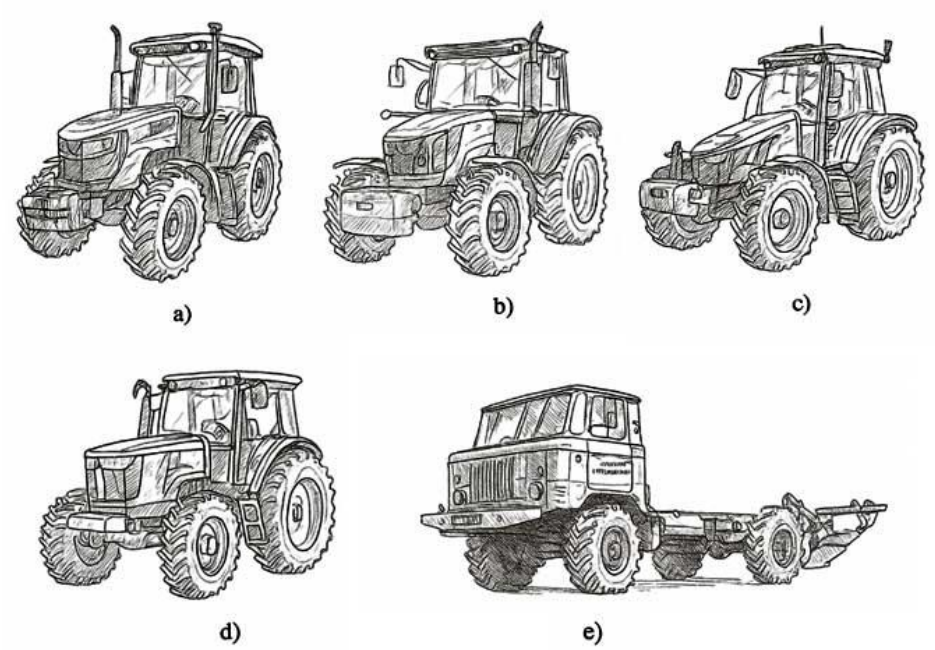


Рис. 1. Мобільні енергетичні засоби: a) YTO NLX 1154; b) Armatrac 1104; c) Massey Ferguson MF 5S.115; d) John Deere 6115; e) МЕЗ-115 «Автотрактор»

Таким чином, витрати для МЕЗ-115 «Автотрактор» були нижчими на 10–26 %, а вартість усього МТП — на 22 % менша, ніж у найближчого по вартості аналога (YTO NLX 1154). За десятирічного терміну експлуатації різниця в прямих експлуатаційних витратах становитиме близько 1122 грн/га на користь МЕЗ типу «Автотрактор» [3].

Висновки:

1. Використання МЕЗ-115 «Автотрактор» забезпечує найнижчі прямі експлуатаційні витрати (11 687 грн/га), що на 10–26 % менше, ніж для інших варіантів.

2. Вартість формування МТП на основі МЕЗ-115 «Автотрактор» на 22 % менша від аналогічного парку на базі трактора YTO NLX 1154.

3. Застосування МЕЗ-115 «Автотрактор» є економічно доцільним напрямом оновлення МТП господарств Лісостепової зони України.

Список використаних джерел

1. Перспективи використання мобільних енергетичних засобів тягового класу 1,4; 2 в агропромисловому виробництві / С. П. Погорілий та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодерж.

зб. / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2022. Вип. № 5 (114). С. 108–114. https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-13.

2. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва / за ред. В. В. Адамчука, М. І. Грицишина. К. : Аграр. наука, 2012. 416 с.

3. Мірний В. Ю. Обґрунтування параметрів мобільного енергетичного засобу типу «Автотрактор» тягового класу 1,4-2 та технологічних модулів для агрегатування з ним. : дис. … д-ра філософії з галузі знань 133 Галузеве машинобудування / Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України. Глеваха, 2025. 190 с.

УДК 628.473.4:631.3(477.53)

АНАЛІЗ СПОСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОЛИВ СЕРВІСНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Бурсова М.А.
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Технічне обслуговування є невід’ємною частиною системи експлуатації сільськогосподарських машин і передбачає комплекс профілактичних операцій, спрямованих на забезпечення справності техніки. Основна частина сервісних робіт (понад 80%) полягає в замінах експлуатаційних рідин, серед яких найбільший обсяг становлять моторні та трансмісійні оливи. Унаслідок цих процесів утворюються значні обсяги відпрацьованих мастильних матеріалів, які належать до небезпечних відходів і потребують безпечного збирання, транспортування та утилізації.

Неналежне поводження з відпрацьованими оливами призводить до забруднення ґрунтів і води, а також створює потенційні ризики для здоров’я людини. Тому ефективна система збору та перероблення таких відходів є важливою складовою політики охорони довкілля [1, 2].

Метою дослідження було визначення способів, якими сервісні підприємства сільськогосподарської техніки поводяться із відпрацьованими експлуатаційними рідинами, а також оцінка рівня дотримання чинних екологічних норм і законодавчих вимог.

Для досягнення мети проведено анкетування 10 сервісних підприємств у Полтавській області. Питання стосувалися:

- видів і кількості замінюваних експлуатаційних рідин;
- методів збору та зберігання використаних олив;

- шляхів їх подальшої утилізації або передачі зовнішнім компаніям;
- економічних витрат, пов'язаних з утилізацією.

Відповідно до законодавства, усі відпрацьовані оливи повинні бути або регенеровані, або знешкоджені у контрольований спосіб [2].

Основні вимоги:

- заборона змішування відпрацьованих олив з іншими небезпечними відходами (зокрема з поліхлорованими біфенілами);
- обов'язкове зберігання у герметичних контейнерах, стійких до хімічного впливу;
- ведення кількісного та якісного обліку відходів;
- передача олив уповноваженим підприємствам, що мають дозвіл на утилізацію або регенерацію.

Якщо рівень забруднення оливи не дозволяє її регенерувати, допускається спалювання з утилізацією теплової енергії. В інших випадках проводиться остаточне знешкодження.

Анкети були розіслані до працівників сервісних підприємств, що обслуговують сільськогосподарську техніку різних марок. У середньому кожен сервіс здійснював технічне обслуговування 10 – 30 тракторів на місяць і накопичував 100 – 300 л відпрацьованих олив за цей період.

Дані опрацьовано шляхом статистичного аналізу з урахуванням обсягів зібраних відходів, напрямів їх передачі та видів використаних експлуатаційних рідин.

Результати дослідження. Виявлено, що 100% сервісів здійснюють заміну моторних і трансмісійних олив, 70% – гідравлічних, 30% – гальмівних рідин.

Більшість підприємств передають зібрані відходи спеціалізованим фірмам для подальшої обробки (60%), не уточнюючи, чи відбувається регенерація чи спалювання.

Ще 30% сервісних підприємств підтвердили, що відпрацьовані оливи передаються на переробку (рециклінг), а 10% – на утилізацію.

Середні щорічні витрати на утилізацію становили від 8400 до 25200 ₴, залежно від кількості відходів та відстані до приймального пункту.

Типова спеціалізована компанія пропонує:

- контейнери для зберігання і транспортування олив;
- оформлення необхідної екологічної документації;
- перевезення небезпечних вантажів відповідно до законодавства;
- підтвердження про виконання регенерації або знешкодження.

Обговорення. Результати свідчать, що сервісні підприємства в цілому дотримуються вимог екологічної безпеки, що є ознакою розвитку галузі технічного обслуговування в Україні [3].

Однак проблема все ще існує у приватному секторі, де фермери самостійно обслуговують техніку та не завжди дотримуються норм

поводження з відпрацьованими оливами. Це потребує підвищення рівня екологічної обізнаності та розширення мережі пунктів збору відходів у сільській місцевості.

Висновки. Сервісні підприємства сільськогосподарської техніки у Полтавській області загалом виконують законодавчі вимоги щодо збору, транспортування та передачі відпрацьованих олив.

Співпраця з ліцензованими фірмами зменшує ризик неправильної утилізації та забезпечує екологічно безпечне поводження з відходами.

Для поліпшення ситуації в аграрному секторі необхідно:

- проводити освітні кампанії серед фермерів;
- створювати місцеві пункти прийому відходів;
- стимулювати використання технологій регенерації як економічно вигідної альтернативи спалюванню.

Таким чином, належна організація збору й утилізації відпрацьованих олив у сервісних підприємствах сільськогосподарської техніки сприяє сталому розвитку, енергозбереженню та охороні навколишнього середовища.

Список використаних джерел

1. Directive 2008/98/EC of the European parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union. 2008. L 312/3. – URL: http://data.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj (дата звернення: 01.10.2025).

2. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8.11.2017 р. № 820-р. *Офіційний вісник України*. 2017 р. № 94. С. 61. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#n8 (дата зверення 01.10.2025).

3. Барун М. В., Коверсун С. О., Бессмертна Д. О. Регенерація відпрацьованих мастильних матеріалів. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. Вип. 105. С. 46–51.

УДК 621.436

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Ніщаков І.В.
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки в сучасних умовах тісно пов’язане з упровадженням інноваційних методів і засобів технічного діагностування.

Значна частина відмов машин і тракторів пов'язана з несправностями дизельних двигунів, зокрема циліндро-поршневої групи (ЦПГ). Неефективна діагностика призводить до невиправданих простоїв, перевитрат палива, підвищених ремонтних витрат і зниження ресурсу двигуна.

Сучасні засоби діагностування здебільшого орієнтовані на автомобільну техніку, а для дизелів сільськогосподарського призначення часто не забезпечують потрібної точності й не дають змоги оцінити стан окремих циліндрів. Тому актуальною є розробка вдосконаленої методики та технічних засобів, що дозволять здійснювати комплексну оцінку технічного стану двигунів без їх розбирання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більшість відомих підходів [1, 2, 3] не враховують специфіку роботи дизелів із турбонаддувом, не дають змоги оцінити стан окремих циліндрів і потребують складного або дорогого діагностичного обладнання. Сучасний розвиток систем діагностування спрямований на використання динамічних параметрів роботи двигуна, зокрема кутового прискорення колінчастого вала, для визначення його енергетичних характеристик. Водночас ці методики потребують подальшого вдосконалення з метою підвищення точності, надійності та розширення функціональних можливостей.

Мета досліджень. Метою дослідження є вдосконалення методики та розробка засобів діагностування технічного стану дизельних двигунів на основі динамічних характеристик колінчастого вала з урахуванням показників, що характеризують стан циліндро-поршневої групи.

Результати досліджень. Запропоновано методику комплексної діагностики дизельних двигунів, яка базується на послідовному виконанні кількох часткових методик контролю технічного стану ДВЗ, а саме:

1. Визначення залежності зміни енергетичних параметрів двигуна - крутного моменту $M_k = f(n)$ та ефективної потужності $N_e = f(n)$;
2. Оцінювання нерівномірності роботи окремих циліндрів за показниками потужності.

Для реалізації цієї методики створено діагностичний комплекс, у складі якого використано електронно-обчислювальну машину (ЕОМ). Схема пропонованого діагностичного комплексу зображена на рис. 1.

У процесі діагностики формується масив даних, отриманих від різних вузлів двигуна. Збір інформації здійснюється за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП), плати сполучення, індукційних датчиків, датчика тиску у паливопроводі та перетворювача надлишкового тиску у впускному колекторі. Для зчитування сигналів індукційний датчик 1 монтується у спеціальний отвір картера маховика навпроти зубчастого вінця колінчастого валу на відстані 1–3 мм від вершин зубів. У більшості дизельних двигунів тракторів у маховику передбачено механічний фіксатор

положення поршня першого циліндра у верхній мертвій точці (ВМТ), який використовується для встановлення індукційного датчика 2, що фіксує момент проходження поршня через ВМТ.

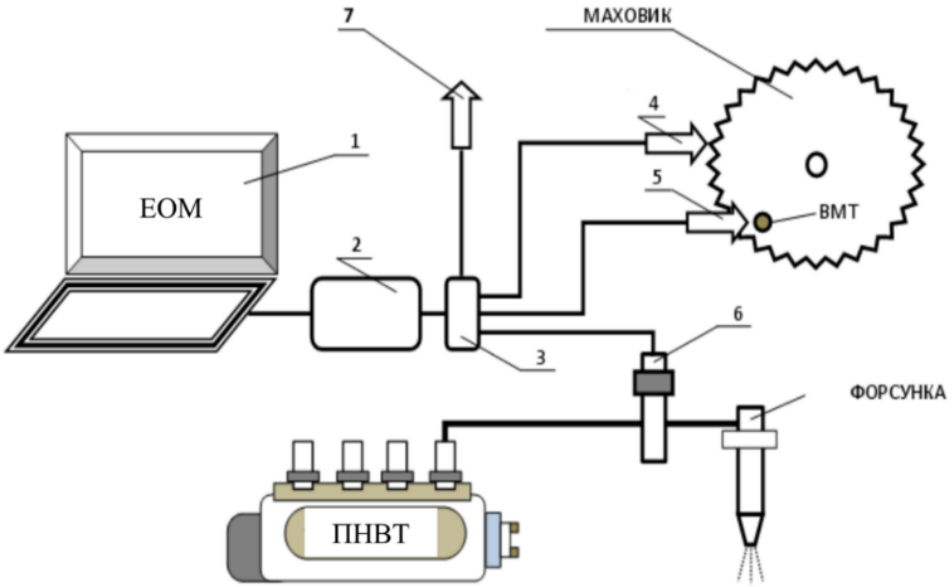


Рис. 1. Схема діагностичного комплексу: 1- ЕОМ; 2-АЦП; 3- плата сполучення; 4,5 – індукційні дачики; 6- датчик тиску палива; 7- датчик тиску повітря.

Обробка сигналів виконується аналогово-цифровим перетворювачем L- Card E-154 із програмним забезпеченням, що входить до його комплекту. Для забезпечення стабільної передачі сигналів від датчиків до АЦП у систему введено плату сполучення, яка має шість входів і дозволяє одночасно реєструвати до шести параметрів роботи двигуна.

Застосування вдосконаленої методики дає змогу оперативно оцінювати стан дизеля без його розбирання, виявляти нерівномірність роботи циліндрів, прогнозувати ресурс і своєчасно визначати необхідність ремонту.

Висновок. Запропонована методика діагностування дизельних двигунів на основі динамічних характеристик колінчастого вала забезпечує підвищення точності оцінки технічного стану, скорочення трудомісткості робіт та може ефективно застосовуватися у сервісному обслуговуванні сільськогосподарської техніки.

Список використаних джерел

1. Розум Р.І., Буряк М.В., Попович П.В., Прогній П. Б., Захарчук О. П. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2022. № 1. С. 138–142

2. Іващенко І. І. Розробка інтегральних показників діагностування технічного стану дизельних двигунів. *Двигуни внутрішнього згоряння*. 2003. № 1-2. С. 57-61.

3. Аулін, В. В. Аналіз діагностичних методів визначення технічного стану циліндро-поршневої групи дизельних двигунів мобільної сільськогосподарської техніки. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2005. Вип. 35. С. 158-164.

УДК 004.89

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МОДЕЛЮВАННІ РОБОТИ ДВИГУНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРЬОХПАЛИВНОЇ СУМІШІ В АВТОТРАКТОРНОМУ ДИЗЕЛЬОМУ ДВИГУНІ

Лисенко Р.Д.
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми, Сучасні вимоги до автотракторного дизельного двигуна полягають у створенні умов для максимальної ефективності з одночасною економічністю та екологічністі даного типу двигунів [1]. З метою покращення вище згаданих показників перспективним шляхом є використання двух та трьох паливної суміші: біоетанолу, дизельного та біодизельного палива.

Аналіз останніх досліджень За даними сучасних досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців використання суміші цих трьох компонентів забезпечує найвищу ефективність покращує експлутаційні та екологічні показники [2]. Однак, залишається відкрите питання щодо співвідношення цих компонентів даної суміші які б забезпечували найбільш раціональні показники при всіх режимах використання автотракторного дизельного двигуна.[3.4] Дане питання є проблематичним як при побудові математичної моделі так і при випробуванні експериментальної моделі дизельного двигуна з двух та трьох паливною сумішшю [5]. Перспективним видається для розрахунку об’ємів палива в суміші з найкращими експлуатаційними показниками з застосуванням штучного інтелекту (AI).

Мета досліджень Аналіз наукових даних щодо перспективності використання штучного інтелекту в керуванні двигунами з двух та трьох паливної суміші: біоетанолу, дизельного та біодизельного палива з використанням системи GoogleSAcademia

Результати дослідження. Проаналізовано 353 публікації присвячені тематиці AI, трьхпаливна суміш у дизельних двигунах тракторів Відповідними щодо змісту нашого дослідження виявились 210 робіт з яких

лише 1 вітчизняних науковців [6], що вказує на недостатність вивчення даної пробеми в Україні і перспективність даного напряму, оскільки світові публікації переважно належать до 2024 -2025 рр і їх кількість зросла в геометричній прогресії.

Аналіз публікацій за останні 2 роки вказують на ряд проблем що поки що залишаються нерозв'язаними або перебувають у стані активної розробки. Доведено [7,8], що застосування AI дозволяє оптимізувати обчислювальні процеси скоротити термін їх виконання та витрамати оптимальні параметри суміші при різних експлуатаційних навантаженнях. Одночасно встановлено [9,10], що для коректного використання AI на виробництві необхідно сформувати найбільш точно пошукову задачу і визначити найбільш точний AI для даної задачі. На даний час нами проводиться математичне моделювання з перспективою подальших експериментальних розробок дизельного автотракторного двигуна з системою живлення на основі двух та трьох паливних сумішей за допомогою специфічних ПРОМТІВ і AI.

Висновок. Застосування штучного інтелекту для оптимізації роботи дизельного автотракторного двигуну із викоористанням двух та трьох паливної суміші: біоетанолу, дизельного та біодизельного палива є перспективним але потребує подальшого дослідження .

Список використаних джерел

1 Wilk-Jakubowski, J. L., Pawlik, L., Frej, D., & Wilk-Jakubowski, G. (2025). Data-Driven Computational Methods in Fuel Combustion: A Review of Applications. *Applied Sciences*, *15*(13), 7204.

2 Shrivastava, K., Thipse, S. S., & Patil, I. D. (2021). Optimization of diesel engine performance and emission parameters of Karanja biodiesel-ethanol-diesel blends at optimized operating conditions. *Fuel*, *293*, 120451.

3. Pham, V. V., & Nguyen, D. C. (2020, October). A brief review of formation mechanisms, properties and affecting factors of combustion chamber deposits in diesel engines using biodiesel. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2292, No. 1, p. 040011). AIP Publishing LLC.

4 Deshmukh, M., Pendse, D. S., & Pande, A. (2022). Effects of blending bioethanol with gasoline on spark-ignition engine-A review. *Journal of Integrated Science and Technology*, *10*(2), 87-99.

5. Matijošius, J., Rimkus, A., & Gruodis, A. (2024). Validation of ecology and energy parameters of diesel exhausts using different fuel mixtures, consisting of hydrogenated vegetable oil and diesel fuels, presented at real market: approaches using artificial neural network for large-scale predictions. *Machines*, *12*(6), 353.

6 Крівда, В. В., Єрісов, М. М., & Максименко, М. О. (2023). Штучний інтелект у системах керування транспортними засобами

7. Gugulothu, S. K., Praveen Barmavatu, and Siva Surya Mulugundam. "Advanced Machine Learning and Response Surface Methodology-Based

Optimization of Diesel Engine Performance and Emissions Using 2-Ethylhexyl Nitrate in Mahua Methyl Ester Biodiesel Blends." *Journal of Energy Resources Technology, Part A: Sustainable and Renewable Energy* (2025): 1-28.

8 Dave, H., Vakharia, V., Panchal, H., & Dobrotă, D. (2025). ANN and Multilayer-ELM Based Prediction of Combustion, Performance and Emission Characteristics of a Diesel Engine Fuelled with Diesel-DTBP Blends. *Case Studies in Thermal Engineering*, 106323.

9 Okada, H., Abraham, A., Patel, D., Ambre, D., Raju, S. A. G., Stafford, J., ... & Sanders, S. (2025). Onboard optical fuel sensing for enhanced combustion control in a multi-fuel compression-ignition engine. *International Journal of Engine Research*, *26*(8), 1105-1119.

10 Tsai, M. H., Lin, Y. H., & Li, Y. P. (2025). A Graph-Based Machine Learning Framework for Predicting Fuel Mixture Properties with Limited Data.

UDC 631.1: 678

MODELING CONNECTING ELEMENTS OF FRAME STRUCTURES MADE OF COMPOSITE MATERIALS

Viter V.A.
Dnipro State Agrarian and Economic University

Problem Analysis. In agricultural enterprises, there is a constant need for quickly assembled, economical, and reliable frame structures (for example, for greenhouses, hothouses, sheds, and solar panel subsystems). Traditional lightweight materials, such as standard plastics, often demonstrate an insufficient strength margin and durability, especially under operating conditions with high wind and snow loads or exposure to ultraviolet radiation. This leads to frequent failures and high operational costs (an example of a defective part is shown in Figure 1). At the same time, the use of metal structures, although strong, requires significant time and financial resources for manufacturing, transportation, welding, and installation. This becomes a critical factor, especially under the conditions of rapid restoration and development of agricultural infrastructure in Ukraine after military actions.

Review of Recent Studies. Modern research in the field of composite materials (CM) for construction focuses on improving their structural efficiency and economic feasibility. In particular, considerable attention is given to the development of polymer matrix composites reinforced with fiberglass or carbon fiber to replace traditional steel or aluminum elements. Recent studies confirm that properly designed composite connecting elements not only reduce the overall weight of the structure and provide higher corrosion resistance, but in many cases

also eliminate the need for lubrication in movable or hinged joints due to the frictional properties of the polymer base.

Fig. 1. Example of a problematic part for frame connections

From the perspective of mass production, the focus is shifting toward optimizing manufacturing technologies, where injection molding and 3D printing are becoming key methods for the rapid and cost-effective fabrication of standardized connecting elements and joints. Solving this problem will facilitate the rapid deployment of frame structures, particularly for the needs of the agro-industrial sector and the reconstruction of infrastructure.

The purpose of the study is to carry out numerical modeling and analysis of the mechanical properties of composite materials in order to substantiate their technical and economic advantages as a fast and efficient alternative to traditional solutions for frame structures intended for agricultural and industrial applications.

A numerical modelling of the structural behavior of the connecting element of a frame structure was carried out using the finite element method (FEM) in the SolidWorks Simulation environment. The study aimed at a comparative assessment of the operational suitability of four different materials: PA-6, carbon fiber reinforced PA-6 + Carbon Fiber 20%, Nylon 6/10, and ABS. At the initial stage, a volumetric mesh (Solid Mesh) was created on the three-dimensional geometric model to accurately represent the stress–strain state. As boundary conditions, a complete fixation (Fixed Geometry) of one supporting face was applied, which simulated the rigid attachment of the part in the structure. On the remaining outlets of the fitting, a static load of 350 N was applied, which simulated a typical external load on the frame. According to the calculation results, for each material, the key parameters of strength and stiffness were obtained and analyzed: maximum stress, maximum total displacement, and minimum safety factor. The graphical representation of the results is shown in Figure 2.

Conclusion. The analysis of the simulation results emphasizes the necessity of achieving a balance between the factor of safety (FOS) and stiffness (minimum

displacement) when selecting the optimal material for frame structures. Although Nylon 6/10 demonstrates the highest minimum factor of safety (4.4), its maximum total displacement (0.3269 mm) is considerable, especially when compared to the reinforced composite PA-6 + Carbon Fiber 20% (0.05654 mm). In the context of frame systems that require high geometric stability to prevent deformation of the entire structure (for example, sagging of greenhouses or displacement of solar panels) and to avoid fatigue in adjacent elements, such a large displacement (0.3269 mm) is a critical drawback despite the high strength. Therefore, PA-6 + Carbon Fiber 20% is the most appropriate material, as its high FOS (4.2) is combined with minimal deformation, providing the required reliability and stiffness.

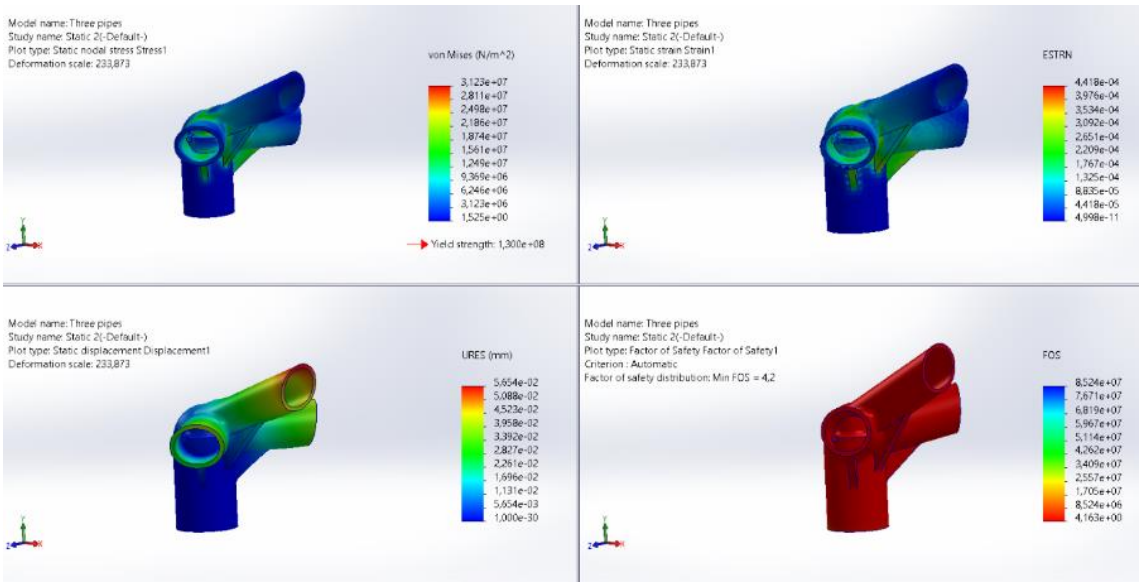


Fig. 2. Graphical representation of simulation results for the material PA-6 + Carbon Fiber 20%.

General values and results for other materials are presented in Table 1.

Table 1

Simulation results of loads

Material	Max. stress σ_{max} (N/m^2)	Max. displacement $URES_{max}$ (mm)	Min. factor of safety FOSmin
PA-6 + Carbon Fiber 20%	3,123×107	0,05654 (Best stiffness)	4,2
Nylon 6/10	3,147×107	0,3269 (High displacement)	4,4 (Highest FOS)
Poliamid 6 (PA-6)	3,099×107	1,063	3,3
ABS	3,056×107	1,334	0,88 (Failure)

References

1. Derkach, O. D., Makarenko, D. O., and Viter, V. A. *Development and Justification of the Composition of Polymer-Composite Materials for Tribological Pairs of Agricultural Machinery.* (2024).

2. Derkach, O. D., Makarenko, D. O., Sukachov, V. V., Kabat, O. S., and Bashtannyk, P. I. *Development of Polymer-Composite Materials for Structural Applications.* (2024).

3. Kobets, A. S., Derkach, O. D., Chyhvintseva, O. P., Kabat, O. S., Rula, I. V., Dudin, V. Yu., ... & Boiko, Yu. V. *Application of Polymeric Composites in the Agro-Industrial Complex.* (2022).

4. Viter, Vitalii Andriiovych. *Justification of the Design of Moving Joint Parts Made of Composite Materials.* (2024).

5. Yurkevych, Andrii Mykolaiovych. *Research and Analysis of Methods for Calculating Flat Metal Trusses in the SolidWorks Simulation Software Package.* Master's thesis. (2025).

УДК 631.362:631.372:621.891

ДОВГОВІЧНІСТЬ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНОЇ АПАРАТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Дерев'янко Д.А., Ковальчук М.В.
Поліський національний університет
Веремій Т.Б., Пеценко А.В.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж

Безперебійна робота сільськогосподарської техніки багато в чому залежить від стану агрегатів гідросистеми. В процесі експлуатації агрегати зношуються, що призводить до виникнення несправностей в роботі гідророзподільників, гідронасосів, силових гідроциліндрів та інших складальних одиниць. Поява несправностей і відмов обумовлена тим, що гідравлічна апаратура працює в досить складних умовах. При цьому значний вплив на довговічність агрегатів гідравлічної апаратури має режим навантаження, що визначається величиною тиску, кількістю включень, а також часом роботи під тиском при виконанні машиною різних сільськогосподарських, вантажно-розвантажувальних або інших операцій. Середня річна робота гідросистеми під навантаженням для сільськогосподарських тракторів тягового класу 1,4 становить 24-29 годин, що відповідає 25-50 тис. циклів; для тракторів тягового класу 3 - відповідно 17-22 годин і 15-20 тис. циклів.

Найбільш навантаженим і найменш довговічним елементом гідравлічної системи є гідророзподільник. До вітчизняних моделей клапанно-золотникових гідророзподільників, що застосовуються в навісних гідросистемах сільськогосподарської техніки, відносяться моноблочні тризолотникові гідророзподільники з пропускною здатністю 80, 100 і 160 л/хв (Р80, МР80, Р100, МР100, Р160). Критерієм граничного стану гідророзподільників прийнято зниження внутрішніх витоків нижче 75 %. Середній нормований заводом-виробником ресурс клапанно-золотникових гідророзподільників становить 5000 годин, або 125 тис. циклів включень. Однак при високих нормованих значеннях ресурсного параметра в умовах реальної експлуатації довговічність гідророзподільників значно нижча.

Під час роботи гідророзподільник розподіляє робочу рідину під великим тиском до гідроциліндрів, своєчасно і чітко відсікає потік робочої рідини шляхом перепуску надлишкового тиску. Дані операції виконуються за допомогою прецизійних пар «перепускний клапан – направляюча», «золотник – корпус». Прецизійна пара «перепускний клапан – напрямна» працює лише при переведенні золотника з положення «нейтральне» в положення «підйом» і «опускання» і в процесі експлуатації має незначний знос. Найбільш інтенсивно в процесі експлуатації зношується прецизійна пара «золотник – корпус», яка є основним робочим з'єднанням гідророзподільника (рис. 1.).

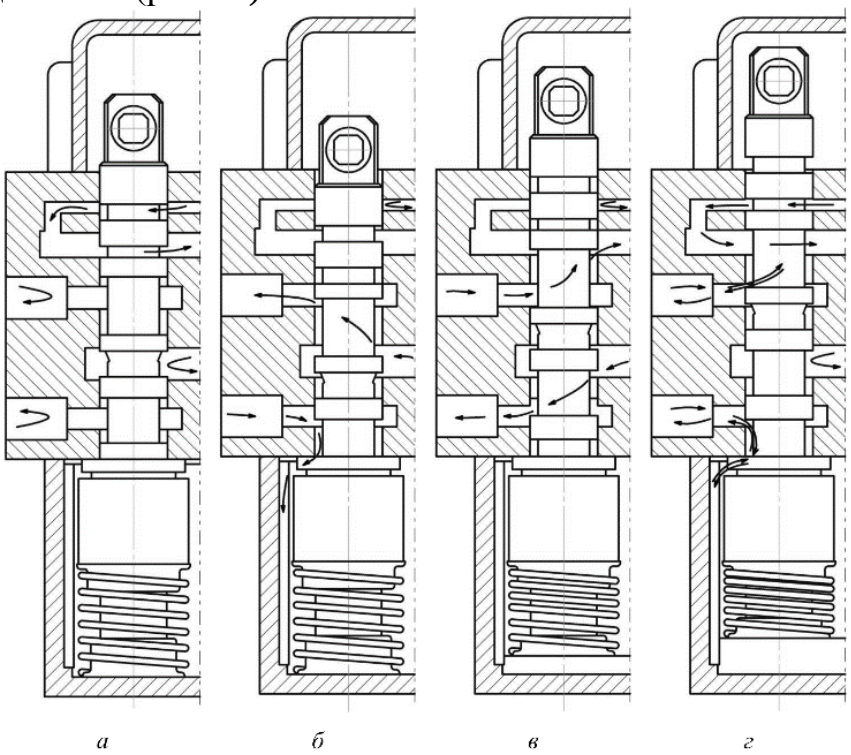


Рис. 1. Схема роботи золотників гідророзподільника: а – нейтральне положення золотників; б – положення «підйом»; в – положення «примусове опускання»; г – плаваюче положення.

Відповідно до технічних умов, за критерій оцінки технічного стану гідророзподільників прийняті витоки по золотникових парах. У табл. 1 наведені нормовані значення параметрів технічного стану нових гідророзподільників.

Основними вимогами, що пред'являються до золотникових пар і визначають їх працездатність, є висока стабільність малих сил тертя і хороша герметичність, тобто наявність мінімальних, що не змінюються в процесі роботи витоків робочої рідини через зазори між деталями. Ці вимоги забезпечуються високою якістю поверхонь сполучуваних елементів.

Таблиця 1

Нормовані значення параметрів технічного стану нових гідророзподільників

Марка гідророзподільника	Герметичність по золотниковим парам, не більше
Р80 (МР80)	150 см^3 за 30 хв при статичному протитиску 7 МПа
Р100 (МР100)	180 см^3 за 30 хв при статичному протитиску 6,5 МПа
Р160	300 см^3 за 30 хв при статичному протитиску 6,5–7,5 МПа

Золотники та корпуси гідророзподільників виготовляють з таких матеріалів: корпуси – з сірого чавуну СЧ 21 з твердістю НВ 170-240; золотники – зі сталей 9ХС і 15Х з термічною або хіміко-термічною обробкою до твердості HRC 55-65. У процесі виробництва золотників здійснюється їх цементація (нітроцементація) на глибину 700...1500 мкм з подальшим гартуванням і відпусткою.

Хімічний склад матеріалів представлено в таблиці 2.

Збільшення внутрішніх витоків у золотникових парах відбувається в результаті зношування країв робочих пояскових золотника і корпусу гідророзподільника.

Таблиця 2

Хімічний склад матеріалів, що застосовуються для виготовлення золотникових пар, %

Марка матеріалу	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cu	Mo	Al	Cr
				не більше						
Сталь 9ХС	0,85…0,95	1,2…1,6	0,3…0,7	0,35	0,03	0,02	0,3	0,2	–	0,96…1,25
Сталь 15Х	0,12…0,18	0,18…0,37	0,4…0,7	0,3	0,03	0,02	0,3	–	–	0,68…1,0
Чавун СЧ21	3,3…3,5	1,38…2,2	0,7…1,0	–	0,15	0,2	–	–	–	–

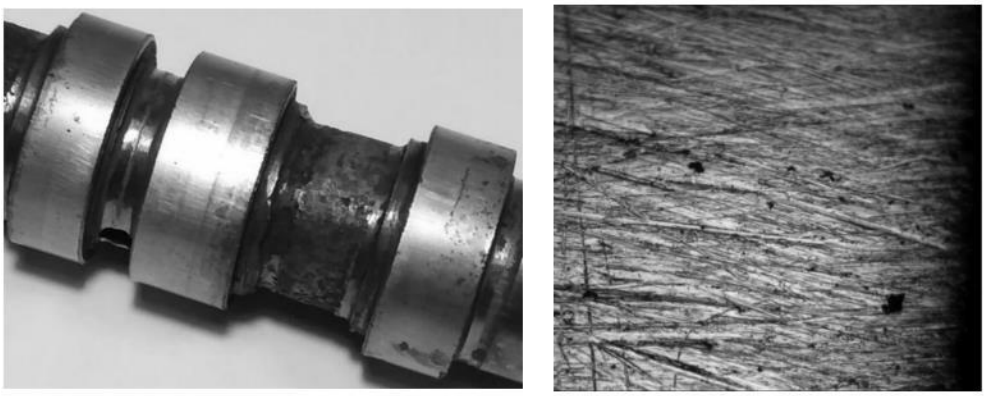
Загальновизнаним є положення про провідні та супутні види зношування. Залежно від умов тертя поєднання таких факторів, як

механічний вплив, середовище, матеріал і стан поверхонь, складається більш сприятливим для розвитку одного процесу і менш сприятливим для розвитку інших. Найбільш загальним видом зношування деталей прецизійних пар є гідроабразивне руйнування поверхонь, що омиваються рідиною.

Нерозчинні забруднення, що містяться в робочій рідині, являють собою продукти зносу деталей тертьових з'єднань у вигляді

часток металів та їх оксидів, різні тверді частинки, що потрапляють у внутрішню порожнину гідравлічної системи під час виробництва, ремонту, технічного обслуговування та експлуатації, і продукти окислення робочої рідини. Тверді частинки, потрапляючи в зазор золотникової пари, чинять зношувальну і заклинювальну дію на деталі. На підставі результатів досліджень, проведених авторами, встановлено, що збільшення кількості абразивних частинок в маслі до 0,2 % викликає підвищення інтенсивності зношування деталей золотникової пари в 28 разів.

Зовнішній вигляд зношеного золотника і його робочої поверхні представлені на рис. 2. Зношена частина золотника має матове забарвлення, на ній видно сліди зчеплення поверхонь і подряпини.



а *б*

Рис. 2. Зовнішній вигляд (а) і зношена поверхня золотника (×50) (б).

Сумарний знос у золотниковій парі гідророзподільника Р80 (МР80) не перевищує 100 мкм, а гідророзподільника Р160 – 200 мкм.

Одним із параметрів, що визначають ефективність роботи гідророзподільника, є статичне тертя, тобто зусилля, необхідне для зміщення золотника з місця.

Основними можливими причинами підвищення тертя між деталями золотникових пар є: гідравлічне затискання золотника, що викликається

нерівномірним розподілом гідравлічних сил, що діють на його поверхню; облітерація зазорів у сполученні золотникової пари, яка являє собою зарощування зазорів поляризованими молекулами робочої рідини; механічне заклинювання золотника, що викликається попаданням у зазор між деталями твердої частинки (або декількох частинок).

При попаданні частинки в зазор золотникової пари, зусилля страгування золотника буде зростати. У цьому випадку максимально можливе значення сили тертя визначається твердістю частинок, що потрапили в зазор. Чим твердіші частинки, тим більшу стискаючу навантаження вони витримують, тим з більшою силою вони здатні викликати взаємне притискання деталей, заклинюючи їх. Крім того, тверді частинки, потрапляючи в зазор золотникової пари, сприяють його облітерації і виникненню гідрозатискання.

Золотник знаходиться в корпусі гідророзподільника під впливом тиску рідини. Найменші зміни тиску робочої рідини повинні призводити до переміщення золотника і зміни витрати рідини через відповідні канали, пов'язані з золотниковою парою. У міру зношування золотникової пари збільшується мінімальне значення приросту тиску, на яке реагує золотник, отже, робочі властивості елемента погіршуються.

Всі регулюючі золотникові пари незалежно від призначення мають загальні особливості навантаження, що полягають у тому, що золотник, будучи чутливим елементом, який стежить за зміною тиску рідини, безпосередньо реагує на цю зміну, здійснюючи періодичні зміщення відносно корпусу. Золотник сприймає момент, що викликається наявністю ексцентриситету прикладених осьових сил, в результаті чого він, як правило, знаходиться в перекошеному відносно корпусу стані (рис. 3). Тому на ділянках фактичного контакту деталей, незважаючи на малі зазори в золотникових парах, можуть виникати значні тиски, що залежать від діючих навантажень, механічних властивостей матеріалу деталей і їх геометричних параметрів.

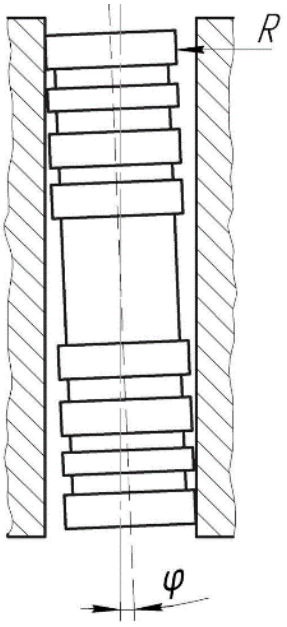


Рис. 3. Схема контакту деталей золотникової пари гідророзподільника при відносному перекосі: R – неврівноважена сила, що викликає перекіс золотника; φ – кут перекосу золотника.

Виникнення неврівноваженої радіальної сили, що притискає золотник до одного боку корпусу, обумовлено нерівномірним розподілом тиску рідини в кільцевому зазорі золотникової пари. Якщо поясок золотника розділяє порожнини з різним тиском, то рідина буде перетікати через кільцевий зазор між золотником і корпусом з області з більшим тиском в область з меншим тиском.

При витіканні рідини тиск уздовж щілинного зазору буде зменшуватися, його розподіл навколо золотника буде несиметричним відносно поздовжньої осі, в результаті чого виникає неврівноважена гідростатична сила.

Таким чином, основними дефектами, що визначають ресурс золотникових пар гідророзподільників, є: гідроабразивне руйнування робочих поверхонь, що омиваються рідиною; підвищення зусилля відриву золотника з місця в результаті механічного защемлення і облітерації.

Знизити знос і виключити схоплювання поверхонь в прецизійних парах гідравлічної апаратури можна за рахунок підвищення мікротвердості робочих поверхонь з урахуванням підбору триботехнічно сумісних матеріалів для спряжених поверхонь.

УДК 631.3:004.94

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ

Рева С.В.
ВСП «Глухівський агротехнічний фаховий коледж СНАУ»

Постановка проблеми. Сучасне сільське господарство потребує нових підходів до ефективного використання технічних ресурсів. У зв’язку з цим особливої актуальності набуває впровадження смарт-технологій у машиновикористання, що забезпечують автоматизацію, аналітичний контроль, зменшення витрат пального та підвищення продуктивності машинно-тракторного парку. У світі спостерігається активне впровадження смарт-технологій (smart technologies) у різні сфери аграрного виробництва. Вони забезпечують автоматизоване керування технікою, збір великих обсягів даних у реальному часі, аналітику та прогнозування на основі штучного інтелекту. Завдяки цьому аграрії отримують змогу приймати точні управлінські рішення, скорочуючи втрати ресурсів і підвищуючи економічну віддачу.

Аналіз останніх досліджень. Проблематика впровадження смарт-технологій у сільському господарстві в останні роки набула широкого

висвітлення у працях вітчизняних і зарубіжних науковців. Гавкалова Н.Л. у своїй статті здійснила системний аналіз технологічних трансформацій агропромислового сектору в контексті переходу до смарт-технологій [1]. У роботі Марченко М. розкрито сутність діджиталізації процесів управління бізнес-діяльністю сільськогосподарських підприємств [2]. Рева С.В. представила сучасні тенденції впровадження програмних рішень для діджиталізації агробізнесу, штучного інтелекту, безпілотних систем, сенсорних мереж і Big Data для переходу аграрного сектору до рівня Smart Agriculture [3, 4]. Черницька Т.В., Іоніцой-Доценко Є.Ю. та Петрикей О.Ю. дослідили економічні ефекти діджиталізації агропромислового комплексу [5].

Мета дослідження. Метою дослідження є обґрунтування доцільності та ефективності впровадження смарт-технологій у систему машиновикористання з метою підвищення техніко-економічних показників роботи агропідприємств, забезпечення сталого розвитку та зниження виробничих витрат.

Результати досліджень. Встановлено, що смарт-технології машиновикористання охоплюють комплекс рішень, спрямованих на автоматизацію збору та оброблення інформації, прогнозування технічного стану машин і оптимізацію технологічних процесів. Термін «смарт-технології» означає використання інтелектуальних цифрових систем для автоматизованого збору, оброблення та аналізу інформації з метою підвищення ефективності роботи технічних засобів. У машиновикористанні вони інтегрують апаратні, програмні та комунікаційні компоненти, утворюючи єдиний інформаційно-керуючий простір господарства. До основних елементів смарт-технологій належать: датчики та сенсори, що фіксують параметри роботи машин (температуру, тиск, витрати палива, навантаження, вібрації тощо); супутникові системи позиціювання (GPS, GNSS), які забезпечують точність руху агрегатів на полі; бортові комп’ютери та контролери, що керують виконанням операцій; хмарні сервіси та платформи, які збирають, зберігають та аналізують дані; мобільні додатки для керування технікою та контролю виконання робіт. Смарт-технології дозволяють здійснювати перехід від реактивного до проактивного управління, коли рішення приймаються на основі прогнозів, а не після виникнення проблем.

Моніторинг технічного стану машин є базовим компонентом смарт-систем. Телематичні модулі встановлюються на трактори, комбайни, обприскувачі та іншу техніку для постійної передачі даних на сервер. Основні показники, що відстежуються: витрати палива та мастильних матеріалів; рівень навантаження двигуна; тривалість простоїв; площа обробленої ділянки; швидкість та напрямок руху. Телематичні системи

моніторингу (John Deere Operations Center, CLAAS TELEMATICS), які забезпечують контроль витрат пального, часу роботи, місцезнаходження машин і навантаження на двигун; системи прогнозного обслуговування (Predictive Maintenance), що дозволяють своєчасно проводити ремонтні операції та запобігати відмовам; інтелектуальні системи точного землеробства, які забезпечують автоматичне керування рухом агрегатів, змінне нормування висіву та внесення добрив, побудову карт врожайності; аналітичні платформи для інтеграції технічних, агрономічних і економічних даних у єдину цифрову систему управління господарством.

Сучасні цифрові рішення дозволяють реалізувати концепцію Predictive Maintenance — технічного обслуговування за станом. За допомогою сенсорів, що постійно передають показники роботи вузлів, система аналізує тренди та виявляє потенційні відмови ще до їхнього прояву. Це дозволяє уникнути аварійних поломок, оптимізувати запаси запчастин і скоротити витрати на ремонт. Зокрема, система JDLink автоматично сповіщає сервісного інженера про необхідність заміни масла чи фільтрів, а також передає коди помилок для дистанційної діагностики. У результаті тривалість простоїв скорочується, а експлуатаційна надійність машин підвищується.

Взаємозв’язок смарт-технологій і точного землеробства є фундаментальним. Інтелектуальні системи керування дозволяють враховувати просторову неоднорідність полів і адаптувати параметри роботи машин до конкретних умов.

Оптимізація витрат палива, зниження кількості проходів техніки по полю, точне дозування добрив і засобів захисту рослин сприяють зменшенню антропогенного навантаження на довкілля. Крім того, системи енергетичного моніторингу дозволяють визначати фактичні витрати енергії на одиницю продукції, що дає можливість впроваджувати заходи з підвищення енергоефективності. Використання електричних і гібридних тракторів, автоматичних коробок передач, адаптивного керування двигуном зменшує викиди CO_2 і забезпечує відповідність міжнародним стандартам екологічної безпеки.

Уже сьогодні відомі компанії (John Deere, CNH Industrial, Kubota, Fendt) тестують повністю безпілотні трактори, здатні працювати без участі оператора. Такі машини оснащені системами комп’ютерного зору, штучного інтелекту, радарів і лідарів, що забезпечують самостійне ухвалення рішень у процесі роботи. На основі алгоритмів machine learning вони навчаються розпізнавати об’єкти, оптимізувати траєкторії руху, регулювати швидкість і навантаження в реальному часі. Результати впровадження смарт-технологій у господарствах України свідчать про

зниження витрат пального, підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів, скорочення простоїв техніки. Крім того, використання автоматичних систем керування (AutoSteer) дозволяє зменшити кількість перекриттів смуг руху, підвищити якість обробітку ґрунту та сприяти збереженню родючості земель. Застосування штучного інтелекту та технологій машинного навчання відкриває нові можливості для автономного машиновикористання, де трактори та комбайни здатні самостійно виконувати завдання з урахуванням польових умов. Такі рішення формують передумови для створення повністю роботизованих агротехнологічних комплексів.

Висновок. Смарт-технології машиновикористання є ключовим напрямом розвитку сучасного сільського господарства. Вони забезпечують підвищення ефективності використання техніки, зменшення витрат, поліпшення екологічної ситуації та створюють умови для інтеграції України у світовий ринок цифрового агровиробництва. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розроблення національної системи стандартизації смарт-рішень, підготовку фахівців із цифрової агроінженерії та адаптацію міжнародного досвіду до умов українських агропідприємств.

Список використаних джерел

1. Гавкалова Н. Л. Технологічні трансформації агропромислового сектору національної економіки в контексті переходу до смарт технологій. Journal of Strategic Economic Research. 2024. № 6. С. 63–70. DOI: http://dx.doi.org/10.30857/2786-5398.2023.6.6.

2. Марченко М. Діджиталізація процесів управління бізнес-діяльністю сільськогосподарських підприємств. Галицький економічний вісник Тернопільського національного технічного університету. 2023. №81.2. С.133-139. DOI: https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.02.133

3. Рева С.В. Тенденції впровадження програмних рішень для діджиталізації агробізнесу. Механізми розвитку науково-технічного потенціалу: Матеріали 4-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 14 листопада, 2024. м. Дніпро: ФОП Мареніченко В.В., 2024. С. 206-208. URL: https://www.researchgate.net/publication/386076215 (дата звернення: 7.10.2025).

4. Рева С.В. Новітні технології в агровиробництві. Advanced top technology. 2024. № 2. С.23-24. URL: https://www.researchgate.net/publication/383982305 (дата звернення: 7.10.2025)

5. Черницька Т.В., Іоніцой-Доценко Є.Ю., Петрикей О.Ю. Економічні ефекти діджиталізації агропромислового комплексу на прикладі цукрової галузі. Стратегія економічного розвитку України. 2020. № 49 С. 91-110. DOI: https://doi.org/10.33111/sedu.2021.49.091.110

УДК 631.3:658.558

ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ

Куликівський В.Л., Боровський В.М.
Поліський національний університет

Постановка проблеми. Інформаційне середовище підприємств технічного сервісу в агропромисловому комплексі є сукупністю різноманітних потоків даних, які передаються між різними компонентами системи. Основний зміст інформації у цих потоках визначається особливостями функціонування підприємств технічного сервісу. Під час вирішення завдань інформатизації підприємств технічного сервісу важлива роль відводиться розробці ефективних методик створення та використання відповідних баз даних.

Аналіз останніх досліджень. Під час проведення технічного обслуговування (ТО) і ремонту (Р) фахівцям необхідна довідково-нормативна та статистична інформація про об'єкт, що обслуговується [1, 2]. Для швидкого пошуку необхідної інформації потрібно мати досить повну та зручну у використанні базу даних, яка має постійно поповнюватися результатами проведених робіт, що відображаються в відповідних робочих документах. Кожен об’єкт з інформацією повинен мати свої реквізити для зручності пошуку документа, які необхідно зберігати у базі даних разом із текстом. Зазвичай реквізити надаються документу працівником інформаційного відділу під час введення об’єкта у базу даних.

Мета досліджень. Проаналізувати особливості організації та шляхи вдосконалення систем технічного сервісу машин і обладнання, застосовуючи сучасні технології та інформаційні ресурси.

Результати досліджень. В інформаційній системі підприємств технічного сервісу особливе місце займає підсистема збору, зберігання та первинної обробки текстової інформації, з якою можуть працювати такі групи користувачів: спеціалісти підрозділу технічного сервісу підприємства; фахівці інформаційного відділу, які здійснюють введення вхідних даних до підсистеми; адміністратор підсистеми. Під час роботи з цією підсистемою кожна група користувачів виконує певні функції. Фахівці підрозділу технічного сервісу здійснюють: перегляд тематик (на які кожен із спеціалістів має права доступу); додавання та зміну документів у даних тематичних розділах (якщо є права доступу на виконання цього завдання); пошук інформаційних об’єктів згідно їх реквізитів у змістових модулях (до яких дозволено доступ); встановлення закладок та посилань на електронні

дані тощо. У свою чергу, фахівці інформаційного відділу: переглядають усі документи в операційному середовищі; додають у підсистему вхідну інформацію; змінюють документи у системі; доповнюють нові та видаляють непотрібні тематики (документи). Зрештою, адміністратор підсистеми може: змінювати налаштування системи збору, зберігання та первинної обробки текстової інформації; призначати права доступу спеціалістам підрозділу технічного сервісу та інформаційного відділу. Також він може виконувати всі функції даних фахівців.

Вирішення завдань щодо інформаційного забезпечення роботи підприємств технічного сервісу вимагає проведення певних змін у їхній організаційній структурі. Зокрема, визнано доцільним запровадження у структуру управління інженерною службою підприємства інформаційно-аналітичного відділу, що може дозволити керівництву та спеціалістам організації ефективно отримувати та опрацьовувати весь необхідний обсяг даних з питань технічного сервісу.

Створення необхідного інформаційного забезпечення можливе під час використання сучасних способів управління, що базуються на застосуванні програмно-керованої та організаційної техніки, а також економіко-математичних методів. Комп'ютеризація виробничої та управлінської діяльності є найефективнішою при створенні автоматизованих робочих місць.

Ефективність використання автоматизованих робочих місць підвищується при об'єднанні в єдину обчислювальну мережу. Функціонування таких мереж є доцільним із урахуванням ієрархічної структури управління. На нижньому рівні (безпосередньо на підприємствах) встановлюються багатофункціональні комп'ютери, що мають локальний банк даних та підключаються до локальної обчислювальної мережі районного рівня. У свою чергу, районна мережа автоматизованих робочих місць має вихід на найвищий рівень управління.

Для формування загальної методології вдосконалення організації технічного сервісу машин та обладнання перспективним є застосування системного підходу. Згідно з яким підприємство технічного сервісу розглядається як відокремлена структура, що складається з різних елементів, які взаємодіють між собою та із зовнішнім середовищем.

Організаційна система технічного сервісу на рівні району, розроблена з урахуванням сучасних особливостей, перспектив розвитку та вимог до технічного обслуговування і ремонту машин, обладнання. Дана система складається з низки підсистем, сукупність взаємодії яких на основі інформаційного забезпечення дозволяє підвищити ефективність використання машин, обладнання та рівень їхньої надійності.

Районні підприємства технічного сервісу можуть включати станції ТО і Р тракторів, сільгоспмашин, автомобілів, майстерні загального призначення, технічні обмінні пункти тощо. Вони досліджують попит і пропозиції на техніку, забезпечують господарства запчастинами, а також іншими матеріально-технічними засобами. Обласні підприємства технічного сервісу виконують функції спеціалізованих установ із ремонту техніки. На базі обласних підприємств організовуються регіональні центри технічного обслуговування. Вони вивчають кон'єктуру ринку, організовують рекламу, продаж та доставку машин, запасних частин та матеріалів, координують діяльність сервісних підприємств та дилерів, а також виконує низку інших функцій.

Підсистема завдань технічного сервісу, вирішення яких істотно залежить від розробленого інформаційного забезпечення, представлена на рис. 1.

Висновки. Оскільки технічне обслуговування і ремонт машин та обладнання є однією із основних складових загальної концепції технічного сервісу, особливе значення має впровадження інформаційного забезпечення в систему ТО і Р.

Рис. 1. Взаємозв'язок інформаційного забезпечення та завдань технічного сервісу машин і обладнання.

У системі ТО і Р можна виділити власне діяльність, що є ремонтно-обслуговуючими операціями і управління, а також інформаційне забезпечення функціонування, виконання даного комплексу заходів. Частка інформаційного забезпечення у всій ремонтно-обслуговуючій діяльності

становить близько 10…20 %. У той час як частка інформаційного забезпечення в процесі ухвалення рішення сягає 75…85 %. За рахунок раціонального використання інформаційних потоків можна скоротити час ремонтно-обслуговуючого впливу та процесу прийняття рішення на 15…25 %, водночас підвищити якість і надійність техніки, що експлуатується.

Список використаних джерел

1. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. 290 с.

2. Технічний сервіс в АПК. Швець Л. В., Паладійчук Ю. Б., Труханська О. О. Вінниця : ВНАУ, 2019. 648 с.

УДК: 631.356.2

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАТРОНІКИ В ҐРУНТООБРОБНУ МАШИНУ ТИПУ ДИСКАТОР

Сокол С.П., Бойко В.Б.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Мехатроніка визначається як інтеграція механіки, електроприводу, засобів автоматизації, електроніки, обчислювальної техніки та програмного забезпечення [1]. Робоча гіпотеза полягає в тому, що машина, створена на основі такого синтезу, повинна бути функціонально самодостатньою у виконанні технологічного процесу, зокрема володіти властивістю саморегулювання. Ґрунтообробні машини [2] мають значний потенціал для впровадження таких систем, проте для реалізації моделі необхідно забезпечити отримання показників якості виконання технологічного процесу в реальному масштабі часу. Наразі це залишається нерозв’язаною проблемою, окрім контролю тягового опору.

Аналіз досліджень. Огляд літературних джерел [3, 4] свідчить, що більшість наукових робіт спрямована на розв’язання завдань у галузях, пов’язаних із конструктивно більш складними технічними системами, ніж ґрунтообробні машини. Винятком є дослідження, виконане у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті [5], яке, однак, має переважно загальноописовий характер і не має безпосередньої прикладної орієнтації щодо ґрунтообробних машин.

Мета досліджень – розробка загального алгоритму роботи мехатронної системи ґрунтообробної машини.

Результати досліджень. Функціональна схема мехатронної системи ґрунтообробної машини може бути представлена у вигляді, наведеному на рис. 1.

За основу дослідження прийнято дискатор, випробуваний у ДДАЕУ [2]. Його конструктивна перевага полягає у тому, що дискові корпуси закріплені на паралелограмній начіпці, яку можна застосувати для роботизованого регулювання кута атаки дисків.

Оскільки методик визначення якісних показників кришення і розпушення ґрунту в реальному масштабі часу наразі не існує, критерієм раціональності обрано тяговий опір. Відомо [6], що диск створює три складові тягового опору: повздовжню, вертикальну та поперечну. Вимірювання поперечної складової на круглий стояк диска здійснюємо за допомогою датчика крутного моменту, показники якого використовуємо як вхідні параметри для виконавчого пристрою. Порушення у роботі виконавчого пристрою, що можуть виникати внаслідок автоколивань, усуваються завдяки застосуванню лінії затримки.

Рис. 1. Функціональна схема мехатронної системи грунтообробної машини.

Висновок. Мехатроніка може ефективно застосовуватися як складова система дискатора, що сприятиме підвищенню якості виконання технологічного процесу. Запропонований алгоритм може бути адаптований і до інших типів ґрунтообробних машин. Використання тягового опору як критерію раціональності є обґрунтованим, оскільки цей параметр безпосередньо визначає якісні показники кришення ґрунту [7].

Список використаних джерел

1. Mechatronics: an introduction / edited by Robert H. Bishop. CRC Press, 2006. – 285 p.

2. Волик Б. А., Кобець О. М., Лепеть Є. І. Обґрунтування конструкції і результати польових досліджень дискатора ДСМ-АГД-2,4 / Abstracts of the VI International Scientific and Practical Conference «Modern ways of solving the problems of science in the world», February 13 – 15, 2023) Warsaw, Poland. pp. 390 – 394.

3. Chamen T. Controlled traffic farming – from worldwide research to adoption in Europe and its future prospects. Acta Technologica Agriculturae, 18(3), 64–73.

4. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень : монографія / Кобець А. С., Теслюк Г. В., Пугач А. М., Сокол С. П., Надикто В. Т., Улексін В. О., Бойко В. Б., Золотовська О. В., Теслюк Ю. В. – Дніпро : Акцент, 2023. – 367 с.

5. Бойко В.Б. Проєкт мехатронної системи експериментальної гідропневматичної сівалки. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання . – Мелітополь: ТДАТУ, 2023. – Вип. 23, Т. 2. С.99-112. ISSN 2220-8674. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-2-99-112

6. Ґрунтообробні агрегати на основі дискових робочих органів: Монографія / [Г. В. Теслюк, Б. А. Волик, С. П. Сокол, О. М. Кобець, А. М. Сенеменюта]. – Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2016. – 144 с.

7. Землеробська механіка / Кобець А. С., Сокол С. П., Пугач А. М., Дирда В. І., Волик Б. А., Тищенко С. С., Гаврильченко О. С. – Дніпро, Пороги, 2022 – 408 с.

УДК 614

АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В АГРОПІДПРИЄМСТВАХ

Семерня О.В.
Сумський національний аграрний університет

На тлі зростаючих кліматичних ризиків та інтенсифікації агровиробництва, проблема пожежної безпеки на агропідприємствах набуває критичного значення. Пожежі в аграрному секторі призводять до значних економічних збитків, втрати врожаю, руйнування інфраструктури, а також створюють загрозу для життя та здоров'я людей.

Європейські вчені провели дослідження «Smart Grain Storage Solution: Integrated Deep Learning Framework for Grain Storage Monitoring and Risk Alert», яке пропонує підхід на основі глибокого навчання (deep learning) для моніторингу стану зерна в сховищах. Модель ефективно захоплює температурні тенденції та надає ранні попередження про ризики, що

допомагає запобігти самозайманню. Це дослідження, опубліковане в журналі MDPI. В дослідженні «IoT-Enabled Fire Detection for Sustainable Agriculture» описується система, що використовує вбудовані IoT-сенсори для постійного моніторингу умов навколишнього середовища, таких як температура, дим і вологість. Коли система виявляє небезпеку, вона негайно надсилає сповіщення фермерам, забезпечуючи швидке реагування.

Європейський Союз, з огляду на свій досвід у сфері безпеки, розробив комплексні та систематизовані підходи, що охоплюють законодавчі, організаційні, технічні та інвестиційні аспекти. Метою цих тез є аналіз та систематизація європейських управлінських рішень для забезпечення пожежної безпеки в агропідприємствах.

Розглянемо ключові підходи та аспекти для підвищення пожежної безпеки в підприємствах АПК Європі та Україні (рис. 1)

- Нормативно-правове регулювання;
- Організаційно управлінські заходи;
- Технічні рішення та інновації;
- Інвестиційна політика та економічна мотивація;

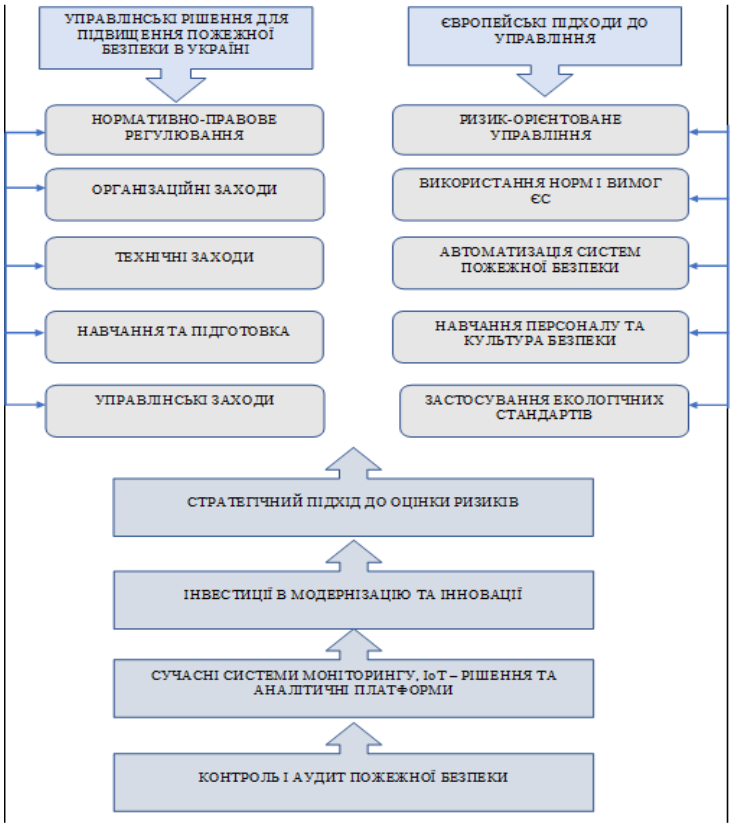


Рис. 1. Управлінські рішення для підвищення пожежної безпеки в підприємствах АПК.

Нормативно-правове регулювання Управлінські рішення щодо пожежної безпеки в Європі базуються на чіткій нормативно-правовій базі. Ключові документи, такі як Директива 89/391/ЕЕС про безпеку та гігієну

праці, формують основу для національних законодавчих актів. ISO 45001 – система управління охороною праці та безпекою, ISO 22320 – управління надзвичайними ситуаціями, ISO 13943 – термінологія у сфері пожежної безпеки. Ці норми вимагають від підприємств оцінки ризиків і розробки відповідних заходів, що деталізуються в європейських стандартах (EN).

Організаційно-управлінські заходи Управління пожежною безпекою є невід'ємною частиною загального менеджменту агропідприємства. Це включає:

• Призначення відповідальних осіб, які мають необхідні знання та повноваження для координації всіх аспектів пожежної безпеки.

• Розробку детальних інструкцій та регламентів, адаптованих до специфіки об'єктів (склади зерна, паливно-мастильні сховища, ремонтні майстерні).

• Систематичне навчання та підготовку персоналу, включаючи відпрацювання навичок користування первинними засобами пожежогасіння та дій в разі пожежі.

• Розробку планів евакуації, які враховують особливості великих виробничих площ та специфіку агропідприємства.

• Взаємодію з державними органами та екстреними службами для оперативного регулювання.

Технічні рішення та інновації Європейський підхід робить акцент на технологічних рішеннях. Сучасні агропідприємства інвестують в:

• Системи раннього виявлення та сигналізації, які використовують сенсорні технології для моніторингу температури, диму та інших показників.

• Автоматичні системи пожежогасіння, зокрема водяні, газові або пінні, які спрацьовують без втручання людини.

• Використання негорючих та вогнестійких будівельних матеріалів.

• Контроль та аудит електрообладнання, що є однією з найчастіших причин пожеж. Особлива увага приділяється ізоляції, стану проводки та справності захисних пристроїв.

• Безпечне зберігання паливно-мастильних матеріалів у спеціально відведених місцях, що відповідають високим стандартам безпеки.

Інвестиційна політика та економічна мотивація Забезпечення пожежної безпеки в Європі розглядається як інвестиція, а не просто витрата. Підприємства, що демонструють високий рівень пожежної безпеки, можуть розраховувати на зниження страхових тарифів та отримання фінансової підтримки через державні програми чи гранти ЄС. Це створює економічний стимул для модернізації та впровадження інноваційних рішень.

Висновки: Комплексний європейський підхід до пожежної безпеки на агропідприємствах є ефективною моделлю управління ризиками. Його основними компонентами є міцна законодавча база, постійне вдосконалення організаційних заходів, активне впровадження новітніх технологій та економічна мотивація. Ці принципи дозволяють не тільки

мінімізувати ймовірність виникнення пожеж, а й забезпечити швидке та ефективне реагування в разі їх виникнення.

Список використаних джерел

1. Ніжник В.В., Сізіков О.О., Довгошеєва Н.М., Голікова С.Ю. Аналітичні дослідження щодо удосконалення системи запобігання пожежної безпеки об'єктів //Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – К.: № 1 (5), 2018. – С. 50-55.

2. Сізіков О.О., Ніжник В.В., Балло Я.В., Голікова С.Ю., Савченко О.В. Систематизація процесу управління пожежною безпекою об'єкта захисту //Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – К.: № 2 (8), 2019. – С. 41-49.

3. ДСТУ 8828-2019 Пожежна безпека. Загальні положення. – К.: УкрНДНЦ, 2019. – 151 с.

4. ДСТУ ISO/IEC 27001:2015 Інформаційні технології. Методи захисту. Системи управління інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2013; Cor 1:2014, IDT). – К.: УкрНДНЦ, 2016. – 22 с.

5. ДСТУ ISO 39001:2015 Системи управління безпекою дорожнього руху (БДР). Вимоги та настанова щодо застосування (ISO 39001:2012, IDT). – К.: УкрНДНЦ, 2016. – 36 с.

6. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 30.12.2014 року №1417 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 05 березня 2015 за №252/26697

7. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 133 с.

8. Цивільний Кодекс України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua 16. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.u

УДК 631

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

Водолазький Д.І., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

Кукурудза на зерно - одна із найважливих сільськогосподарських культур, яка відіграє важливу роль у виробництві продуктів харчування, кормів для тварин і промислової сировини. Її зерно використовується у харчовій промисловості для виготовлення круп, борошна, крохмалю, цукру, спирту, біоетанолу та інших продуктів. У тваринництві зерно кукурудзи є

цінним концентрованим кормом, оскільки поживне на крохмаль, білки і жири.

Для того, щоб отримати гарний врожай кукурудзи, потрібно забезпечити належні умови: родючий, добре структурований ґрунт, достатню кількість тепла та вологи, а також здійснити правильне виконання всіх технологічних операцій. Особливу важливо, для одержання бажаного результату у цьому процесі здійснити якісну підготовку ґрунту під посів та правильно організувати посів кукурудзи. Оскільки саме на цих етапах закладається успіх майбутнього врожаю.

Підготовка ґрунту це комплекс заходів, спрямованих на створення сприятливих умов для проростання насіння і подальшого росту рослин. Основні завдання цього етапу — знищення бур'янів, зароблення пожнивних решток, розпушування орного шару, накопичення і збереження вологи, вирівнювання поверхні поля та створення сприятливих умов для росту. Аграрії застосовують різні методи обробітку ґрунту, серед яких основними є традиційний обробіток, а також застосування сучасних технологій Mini-till, No-till інше. Традиційний метод, що передбачає оранку, вважається найнадійнішим і перевіреним. Сучасні методи допомагають зберегти структуру ґрунту, підвищують його родючість і зменшують затрати, тому їх рекомендують використовувати періодично для відновлення ґрунту та підтримки родючості.

Після збирання попередньої культури проводиться лущення стерні, яке має на меті подрібнення і часткове зароблення пожнивних решток, стимулювання проростання насіння бур'янів, а також збереження вологи. Для цієї операції використовують дискові лущильники типу ЛДГ-10, ДЛ-2,8, або сучасні моделі Lemken Rubin 9, Horsch Joker. Робочими органами цих машин є сферичні або зубчасті диски, які розрізають рослинні рештки та перемішують верхній шар ґрунту. Глибина лущення зазвичай становить 6–10 см, залежно від типу ґрунту та кількості решток.

Після лущення проводять основний обробіток ґрунту — оранку, яка є найважливішою операцією в системі підготовки поля. Вона виконується восени, одразу після лущення, на глибину 25–30 см. Оранка сприяє покращенню водно-повітряного режиму, знищенню багаторічних бур'янів, заробленню рослинних решток і добрив у нижчі шари. Для оранки застосовують плуги типу ПЛН-5-35, ПЛН-6-35, або оборотні плуги ППО-5-40, Lemken VariOpal 7. Основними робочими органами плуга є леміш, який зрізає пласт ґрунту, відвал, що його перевертає, і польова дошка, яка вирівнює поверхню після проходу.

Оранку доцільно проводити в оптимальні строки, щоб забезпечити якісне перевертання пласта без грудок і переущільнення. Якщо ґрунт надто вологий, під час оранки можуть утворюватися великі брилки, які потім важко подрібнити. У таких випадках доцільно одразу застосовувати дисковий обробіток. Цей метод ефективний , коли необхідно швидко

підготувати поле до наступного посіву. Даний обробіток зберігає вологу, покращує структуру ґрунту, але не ефективно проти бур'янів. Тому на забур'янених полях рекомендують глибоке рихлення. Воно передбачає проникнення в ґрунт на велику глибину , що дозволяє поліпшити обмін з нижніми шарами землі.

Навесні, після настання тепла, проводять боронування, метою якого є руйнування ґрунтової кірки, збереження вологи та вирівнювання поверхні поля. Цю операцію виконують одразу після підсихання ґрунту, щоб не допустити надмірного випаровування води. Для боронування застосовують зубові або дискові борони типу БЗСС-1,0, БЗТС-1,0, БДТ-7, БМР-6. Робочими органами борін є зуби або диски, які розпушують верхній шар, подрібнюють грудочки та вирівнюють поверхню поля.

Далі виконують передпосівну культивацію, яка є завершальним етапом підготовки поля перед сівбою. Її метою є створення посівного ложе, знищення пророслих бур'янів і вирівнювання поля. Культивацію проводять на глибину 4–6 см, безпосередньо перед сівбою або за 1–2 дні до неї. Використовують культиватори типу КПС-4, КПС-5,4, КПП-8, а також сучасні комбіновані агрегати Compactor Lemken, Horsch Terrano, які забезпечують високоякісне розпушення й ущільнення на глибину посіву, завдяки стрілчастим та коткам.

За необхідності виконують коткування, щоб ущільнити посівний шар і створити оптимальні умови для проростання насіння. Для цього застосовують котки КЗК-6, ЗККШ-6, КВГ-2,5. Котки ущільнюють поверхневий шар, зменшуючи пористість і покращуючи контакт насіння з ґрунтом, що сприяє дружнім сходам.

Вдале вирощування кукурудзи залежить від правильно організованої підготовки ґрунту та якісного виконання посіву. Кожна технологічна операція має велике значення для формування майбутнього врожаю.

Список використаних джерел

1. Кришко М. Обробіток ґрунту під кукурудзу: поради фахівця. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 13.07.2020. URL: https://superagronom.com/articles/392-obrobitok-gruntu-pid-kukurudzu-poradi-fahivtsya (дата звернення: 01.10.2025).

2. Басанець О. Вирощування кукурудзи: повна технологія. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 12.05.2020. URL: https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya (дата звернення: 17.09.2025).

3. Цилюрик О. Ефективні прийоми обробітку ґрунту під кукурудзу. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 18.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12698-efektyvni-pryiomy-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu.html (дата звернення: 17.09.2025).

4. Калетнік Г.М., Паламарчук В.Д., Гончарук І.В., Ємчик Т.В., Телекало Н.В. Перспективи використання кукурудзи для енергоефективного та екологобезпечного розвитку сільських територій: монографія. Вінниця: ФОП Кушнір Ю. В. 2021. 260 с.

5. Технології підготовки ґрунту для посіву кукурудзи. Сайт https://agromen.com.ua/. Головна / Інформація / Агротехнології / Технологія вирощування кукурудза /. URL: https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/tehnologiyi-pidgotovki-gruntu-dlya-posivu-kukurudzi (дата звернення: 03.09.2025).

6. Кобилінський І. М. Технологія вирощування кукурудзи. Сайт https://www.eridon.ua/ (Аграрна компанія Ерідон). Корисне / Агропомічник / Технологія вирощування кукурудзи. 10.04.2025. URL: https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-kukurudzi (дата звернення: 03.10.2025).

7. Yang, Fazhan & Song, Quan & Li, Yuhuan & Chu, Sen & Li, Baogang & Zhao, Shuo. (2025). Design and Experimental Study of a Dual-Side-Disturbance-Facilitated Air-Suction Precision Seed Metering Device for Corn. Agriculture. 15. 763. 10.3390/agriculture15070763.

8. Технологія вирощування кукурудзи на зерно. Сайт Аграрна Платформа. Https://aoplatforma.com/. Головна / Блог / Статті / Поради сільгоспвиробникам. 30.06.2025. URL: https://aoplatforma.com/blog/tekhnologiya-viroshchuvannya-kukuruzi-na-zerno?srsltid=AfmBOorFBawciG7NRAugZkDP3ErWBSuIS6zHEaRgG1DpQ89dhfqcpi49 (дата звернення: 03.10.2025).

УДК 631

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

Дешко Р.О., Горовий М.В., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

Кукурудза це високопродуктивна однорічна злакова культура, та є однією з найважливіших зернових культур світового значення. Кукурудза посідає перше місце серед зернових культур за валовим збором зерна у світі. В Україні культура відзначається високою врожайністю, посухостійкістю та широким спектром використання. Кукурудза відрізняється від інших культур потужною кореневою системою, високим стеблом та великими листками. ЇЇ вирощують задля отримання зерна, що використовується для харчових потреб таких як: борошно, крупа, крохмаль, олія, етанол та для годування тварин. Її вирощування потребує високих температур, родючих

ґрунтів та достатньої кількості вологи, а технологія передбачає правильний обробіток ґрунту, внесення добрив, вибір високопродуктивних сортів та гібридів, а також своєчасний захист від шкідників, хвороб та бур'янів.

Кукурудза для України в останні роки була і залишається стратегічною культурою, яку вирощують практично у всіх регіонах, незалежно від кліматичних умов та розмірів господарств. Інколи вважають, що кукурудза досить проста у вирощуванні та невибаглива, але насправді для отримання високих і сталих врожаїв її таки потрібно вміти вирощувати і постійно вчитися в процесі [1].

Для отримання високих урожаїв важливо правильно провести комплекс польових робіт, серед яких підготовка ґрунту та якісний посів є ключовими етапами. Від своєчасності та якості виконання цих операцій залежить проростання насіння, дружність сходів, розвиток кореневої системи та продуктивність рослин.

Ґрунт для вирощування кукурудзи повинен бути добре структурованим, багатим на поживні речовини, забезпеченим вологою та повітрям. Культура є вибагливою до агротехніки, особливо на початкових етапах росту.

Основні завдання підготовки ґрунту: збереження та накопичення вологи в орному шарі; забезпечення рівномірного розподілу поживних речовин; подрібнення рослинних решток попередника і їхнє загортання; боротьба з бур’янами, шкідниками та збудниками хвороб; створення оптимальної структури ґрунту та вирівняної поверхні поля.

Для досягнення найкращих результатів у підготовці ґрунту під посів кукурудзи зазвичай використовують такі агрегати:

1. Плуги (ПЛН-5-35, ПЛН-8-35, ПУМ-5-40, ДПЛН 4-30, ДПЛН 3-30+1; ДПЛН 5-25; PON 3–35+ (PON-3–35+1); PON 4–40 (PON 4–40+1); PNVB-3–35 і PNVB 4–35; PNVB 3–40, PNVB 4–40; PON 5–40+, PON 5–40+1, PON 7–40+ та PON 7–40+1; ПНБ-3,35; ПЛН-3,35; ПЛН-5,35; Майстер А3, Майстер А4; Майстер А5 (від виробника Optikon, «Завод Оптікон») ; ПШК-3, ПШК-4, ПШК-5, ПШК-6 (виробник завод «Фаворит»); ПЛН-3-35 УА; ПОА-3-35; ПЛН-3-35 ПА; ПЛН-4-35 ПА; ПОА-3-35+1; ПЛН-5-35 ПА; оборотні плуги Kverneland, Lemken) – застосовуються для основної оранки [2]. Оранка сприяє накопиченню вологи, знищенню бур’янів та покращенню аерації ґрунту. Серед найпоширеніших брендів плугів в Україні — українські "Велес-Агро", "Уманьферммаш", "Алекс-Агро", "Полігон" та імпортні "Lemken", "Vogel & Noot", "Gregoire Besson".

2. Дискові борони (БДТ-7, БДВ-6, Lemken Rubin) – використовуються для лущення стерні та подрібнення пожнивних решток. Вони також частково застосовуються для вирівнювання поверхні поля. Також на полях

сільськогосподарських підприємств присутні і інші марки борін, які випускаються наступними виробниками: Elvorti; HF Agro; Harvest; Metal-Fach; ІСМ Промінь; АРК-ГРУПП; Білоцерківмаз; Велес-Агро; Деметра; Завод "Агротех"; Краснянський Агромаш; Слобода (Хартехпром); Степаненко і К; ТЕХМАШАГРО; ТМ Схід.

3. Культиватори (КПС-4, КРН-5,6, Horsch Tager) – передпосівне розпушування ґрунту, знищення сходів бур'янів та вирівнювання орного шару.

4. Комбіновані агрегати (РВК-3,6, Lemken Korund, Vaderstad Carrier) – виконують кілька операцій одночасно такі як: культивація, боронування, коткування, що значно економить час і пальне.

5. Котки (КЗК-10, ЗККШ-6) – для ущільнення поверхні ґрунту після культивації з метою кращого контакту насіння з ґрунтом та збереження вологи.

Обробіток ґрунту є одним із базових та найбільш витратних елементів технології вирощування кукурудзи. За допомогою основного обробітку ґрунту регулюється водний, температурний, підживлювальний, повітряний режими та вологоємкість ґрунту, що особливо важливо за посушливих умов вирощування. Весняний обробіток ґрунту розпочинають з настанням фізичної стиглості ґрунту. Під основний обробіток ґрунту вносять фосфорно-калійні суміші (суперфосфат, фосфорне борошно, добриво азотно-фосфорно-калійне, калій хлористий) та органічні добрива [5].

Таким чином, підготовка поля під посів кукурудзи включає кілька етапів: післяжнивне лущення стерні, осіння оранка, весняне вирівнювання та передпосівна культивація.

Технологія посіву кукурудзи. Посів кукурудзи є одним із найважливіших етапів технології вирощування. Він має забезпечити рівномірне розміщення насіння на полі та створення оптимальних умов для проростання.

Вимоги до посіву:

- Температура ґрунту на глибині загортання насіння має становити не менше +10…+12 °С.

- Глибина посіву залежить від типу ґрунту: на легких – 5–7 см, на важких – 4–5 см.

- Норма висіву визначається біологічними особливостями гібриду, але зазвичай складає 60–90 тис. насінин або 10-25 кілограм на 1 га.

- Ширина міжряддя становить 65-75 см, що дає можливість механізованого догляду за посівами.

- Посів має проводитися у стислі строки після грунтообробітку, щоб уникнути пересихання ґрунту та забезпечити дружні сходи.

Машини для посіву кукурудзи:

1. Сівалки точного висіву (УПС-8, СПЧ-6, Väderstad Tempo, Monosem, Gaspardo та інші) – забезпечують рівномірність розміщення насіння по довжині рядка та задану глибину загортання.

2. Енергетичні засоби (трактори МТЗ-82, John Deere, Case, New Holland та інші) – агрегатуються із сівалками.

Застосування сучасних пневматичних сівалок дає можливість досягти високої точності висіву та зменшити витрати насіння. Значення правильної підготовки та посіву. Якісна підготовка ґрунту та дотримання агротехніки посіву визначають рівень урожайності кукурудзи. Недотримання вимог призводить до: зріджених або нерівномірних сходів; підвищеної конкуренції з бур'янами; зниження стійкості рослин до стресових факторів (посуха, шкідники, хвороби); зменшення врожайності на 20–30 %.

Правильний вибір агротехніки забезпечує: дружні сходи; рівномірний розвиток рослин; ефективне використання вологи та поживних речовин; високі врожаї якісного зерна.

Список використаних джерел

1. Басанець О. Вирощування кукурудзи: повна технологія. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 12.05.2020. URL: https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya (дата звернення: 17.09.2025).

2. Плуги українського виробництва. Від менших до більших. Сайт https://traktorist.ua/ Біржа сільгосптехніки. Головна / Статті /. 20.04.2021. URL: https://traktorist.ua/articles/plugi-ukrayinskogo-virobnictva-vid-menshih-do-bilshih (дата звернення: 17.09.2025).

3. Цилюрик О. Ефективні прийоми обробітку ґрунту під кукурудзу. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 18.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12698-efektyvni-pryiomy-obrobitku-gruntu-pid-kukurudzu.html (дата звернення: 17.09.2025).

4. Технологія вирощування кукурудзи на зерно. Сайт Аграрна Платформа. Https://aoplatforma.com/. Головна / Блог / Статті / Поради сільгоспвиробникам. 30.06.2025. URL: https://aoplatforma.com/blog/tekhnologiya-viroshchuvannya-kukuruzi-na-zerno?srsltid=AfmBOorFBawciG7NRAugZkDP3ErWBSuIS6zHEaRgG1DpQ89dhfqcpi49 (дата звернення: 03.10.2025).

5. Кобилінський І. М. Технологія вирощування кукурудзи. Сайт https://www.eridon.ua/ (Аграрна компанія Ерідон). Корисне / Агропомічник / Технологія вирощування кукурудзи. 10.04.2025. URL: https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-kukurudzi (дата звернення: 03.10.2025).

УДК 631

ЕЛЕМЕНТИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В КОНСТРУКЦІЯХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Груць О.А., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

Точне землеробство є одним із найсучасніших напрямів розвитку аграрної сфери, який активно впроваджується у світі та поступово займає важливе місце й в українському сільському господарстві. Його основна ідея полягає у використанні сучасних технологій, електронних систем, сенсорів та комп'ютерної техніки для підвищення ефективності агровиробництва. Якщо раніше основна увага приділялася лише загальним агротехнічним прийомам, які застосовувалися однаково на всіх полях, то тепер завдяки точному землеробству можна максимально врахувати неоднорідність ґрунту, особливості кліматичних умов і навіть відмінності між різними ділянками одного поля. Це дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення і зменшувати витрати при вирощуванні культур.

Система моніторингу врожайності дасть змогу отримати точну інформацію про врожай і вологість зерна в режимі реального часу. Моніторинг врожайності допомагає виявити проблемні ділянки поля і надалі приймати правильні рішення. Різниця в урожайності сільгоспкультур в межах одного поля може іноді в 4–5 разів відрізнятися від середнього значення [1].

Поняття точного землеробства охоплює багато сфер: від планування сівозміни, удобрення та догляду за рослинами до збору врожаю та його зберігання. Особливо важливим цей підхід є на завершальному етапі – під час збирання урожаю. Саме тут використовується велика кількість сучасних технічних рішень, які дозволяють отримати не лише якісне зерно, а й точні дані для подальшого аналізу. Вирішальну роль у цьому процесі відіграють зернозбиральні комбайни, оснащені елементами точного землеробства.

Серед головних переваг точного землеробства можна виділити кілька ключових. По-перше, це значне зменшення витрат ресурсів, що має вирішальне значення в умовах сучасного аграрного виробництва. Використання датчиків і сенсорів дає можливість аграріям отримати максимально точне уявлення про реальну врожайність поля, якість зібраного зерна, особливості ґрунтового покриву та навіть мікрокліматичні відмінності між ділянками. Це означає, що господарі уникають невиправданих витрат на пальне, насіння, мінеральні добрива чи засоби захисту рослин, адже вони вносяться саме там і в такій кількості, де це дійсно потрібно. Наприклад, замість того щоб рівномірно розсипати однакову кількість добрив по всьому полю, технологія точного

землеробства дозволяє підживлювати лише ті ділянки, де рослини відчувають нестачу поживних речовин. Це не лише економить кошти, але й підвищує ефективність використання добрив.

По-друге, відбувається стабільне підвищення врожайності, яке ґрунтується на об'єктивних даних. Завдяки точним вимірюванням аграрії можуть виявити найпродуктивніші ділянки поля і зрозуміти, які чинники впливають на їхню врожайність. Це дозволяє використовувати найкращі агротехнологічні прийоми саме там, де вони приносять найбільший ефект. Крім того, точне землеробство допомагає вчасно вносити добрива і засоби захисту рослин, що запобігає їхньому дефіциту чи перевитраті. Організація збирання врожаю також стає більш ефективною: комбайн працює без пропусків і перекриттів, що зменшує втрати зерна. У результаті врожайність може зростати навіть за умови скорочення загальних витрат, що робить виробництво більш прибутковим.

По-третє, важливою перевагою точного землеробства є зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Сучасне сільське господарство часто критикують за надмірне використання хімічних засобів, що забруднюють ґрунт, воду й атмосферу. Точне землеробство дозволяє вирішити цю проблему завдяки більш раціональному підходу. Засоби захисту рослин, добрива та паливно-мастильні матеріали використовуються у мінімально необхідній кількості, а отже, ризик забруднення довкілля значно зменшується. До того ж застосування GPS-навігації і систем автопілоту знижує викиди парникових газів за рахунок оптимізації маршрутів і скорочення витрат пального. Це означає, що точне землеробство не лише економічно вигідне, а й більш екологічно безпечне.

Нарешті, ще однією вагомою перевагою є можливість вести детальний облік та аналіз усіх виробничих процесів. Сучасні програми та електронні системи, інтегровані у комбайни та іншу техніку, автоматично збирають і зберігають дані про врожайність, вологість зерна, стан ґрунту та інші показники. Це створює своєрідний «банк даних» для кожного поля, який можна використовувати для планування майбутніх сезонів.

У зернозбиральних комбайнах застосовуються різні елементи точного землеробства, які виконують специфічні функції. Насамперед варто згадати датчики вологості зерна, які безперервно вимірюють відсоток вологи у зібраному врожаї. Це має велике значення, оскільки від рівня вологості залежить можливість тривалого зберігання зерна та необхідність його сушіння. Якщо зерно буде надто вологим, то під час зберігання воно швидко псується і втрачає якість. Завдяки датчикам вологості комбайн автоматично передає оператору дані про стан врожаю, і той може приймати правильні рішення щодо подальших дій.

Не менш важливим елементом є датчики врожайності, які вимірюють кількість зібраного зерна з кожної ділянки поля. Вони дозволяють

створювати детальні карти врожайності, які потім аналізуються агрономами.

Урожайність на елементарній ділянці поля визначається шляхом ділення маси зібраного зерна на площу цієї ділянки. Дані про масу зерна, зібраного з елементарної ділянки, фіксуються датчиком маси зерна і разом з даними про розмір ділянок надходять до бортового комп"ютера комбайна. Для визначення урожайності на елементарних ділянках поля використовується датчик маси зерна, який складається з джерела випромінювання і детектора. Числові значення урожайності на елементарних ділянках поля, що зафіксовані комп'ютером, складають масиви даних для побудови картограм урожайності на полі. Обробка та аналіз масивів урожайності зернових здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення [6].

Велику роль відіграють системи GPS-навігації, які забезпечують точність руху комбайна по полю. Вони дозволяють уникати перекриттів або пропусків під час роботи, що суттєво зменшує втрати врожаю та економить пальне. Крім того, використання GPS-навігації разом із системами автопілоту значно полегшує роботу механізатора, знижує його навантаження та підвищує точність усіх операцій.

Точне землеробство це не просто технічна новинка, а справжня система управління виробництвом, яка відкриває нові можливості для розвитку сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Моніторинг урожайності полів за допомогою зернозбиральних комбайнів Agro-Business. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/17673-monitorynh-urozhainosti-poliv-za-dopomohoiu-zernozbyralnykh-kombainiv.html (дата звернення: 02.10.2025).

2. Точне землеробство: рішення для комбайнів. Картографування врожайності // Titan Machinery. URL: https://www.titanmachinery.ua/tochne-zemlerobstvo/rishennya-dlya-kombayniv/kartografuvannya-vrozhaynosti.html (дата звернення: 02.10.2025).

3. Chosa T., Shibata Y., Kobayashi K. Yield Monitoring System for a Head-Feeding Combine JARQ. 2006. URL: https://www.researchgate.net/publication/266249725_Yield_Monitoring_System_for_a_Head-Feeding_Combine (дата звернення: 02.10.2025).

4. Risius N. Analysis of a combine grain yield monitoring system. Thesis. – Iowa State University, 2014. URL: https://dr.lib.iastate.edu/bitstreams/8afb3ae1-bdcc-46d4-b6b5-9e0629385473/download (дата звернення: 02.10.2025).

5. Система точного землеробства. Метод. вказівки. – Миколаїв : МНАУ. – URL: https://www.mnau.edu.ua/files/faculty/ingenerno-

energ/kaf_tsgm_ets/systema-tochnogo-zemlerobstva.pdf (дата звернення: 02.10.2025).

6. Науково-методичне забезпечення навчального процесу : конспект лекцій з дисципліни «Апаратне і машинне забезпечення в системах точного землеробства» для студентів 1м курсу напряму підготовки 208 «Агроінженерія», денної форми навчання освітнього ступеня «магістр» / укл.: С.П. Соколік. - Суми, 2024. – 60 с. URL: https://itf.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/%D0%90%D0%9C%D0%97%D0%A1%D0%A2%D0%97_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9.pdf (дата звернення: 02.10.2025).

УДК 631

СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Нестеренко Д.В., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М.
Сумський національний аграрний університет

Система точного землеробства дозволяє зменшити собівартість вирощування сільськогосподарської продукції (культури). Дана система дозволяє використовувати інформацію під час всього періоду вирощування культур, тим самим впливати на затрати (посівний матеріал, засоби захисту, добрива та паливо).

Впровадження в багатьох господарствах елементів точного землеробства дозволить аграріям контролювати моніторинг довкілля та бути конкурентоздатним підприємством на ринку роботизованого сільського господарства.

До відомих методів використання точного землеробства є використання супутникової навігаційної системи, яка дозволяє контролювати рух техніки та можливість нею керувати; використання технології диференціального (змінного) внесення добрив; насіння та засобів захисту. Так наприклад в Україні деякі компанії (Variant Irrigation «Варіант Агро Буд») впроваджують системи точного землеробства в системі зрошення використовуючи кругові системи зрошення [1].

У роботі [2] авторами наведено останні дані розробок, які використовують велику базу даних на основі Internet of Things (IoT) та точного землеробства. Науковцями описано стан точного землеробства, а

саме новітні дані в технологіях машинного навчання, використання сенсорів та дронів.

Авторами [3] описано в роботі можливості використання нанотехнологій в точному землеробстві. Використання нанотехнологій в добривах дозволить фермерам покращити родючість ґрунту. Під час обприскування полів використання нанотехнологій в добривах дозволить збільшити врожайність сільськогосподарської культури. Завдяки наночастинкам добрив збільшується площа поглинання рослинами, тим самим покращується їх фізико-хімічні характеристики. Використання в господарствах наногербіцидів дозволить зменшити кількість токсичних залишків на грунті, тим самим зберігати навколишнє середовище.

Нанотехнології в точному землеробстві застосовуються для розробки наносенсорів для моніторингу ґрунту та рослин, нанокапсул для точного внесення добрив та пестицидів, а також наночастинок для покращення властивостей ґрунту, що підвищує ефективність, знижує витрати та зменшує вплив на довкілля.

Цифровізація виробничих процесів і застосування високих технологій дають змогу значно підвищити урожайність, водночас зменшивши витрати матеріальних ресурсів. Це не тільки збільшує конкурентоздатність окремих підприємств, а й допомагає розв’язувати такі глобальні проблеми, як забруднення довкілля та продовольча криза [4].

На даний час точне землеробство це можливість контролювати витрати матеріалів (насіння, засобів захисту, добрив) та впливати на врожайність з мінімальною витратою ресурсів. Точне землеробство на думку авторів [5] дозволяє запобігти деградації земель та покращити стан навколишнього середовища. Використання зрошення полів в системі точного землеробства дозволить контролювати кількість споживання води рослинами.

Немаловажливим фактором волога має при вирощуванні бобових культур [6]. В даній роботі проведені дослідження про вплив штучного інтелекту, в поєднанні з точним землеробством, на використання води, зменшення проблем води, під час її дефіциту. Поєднання штучного інтелекту і точного землеробства (зрошення) дає добрі результати: точний розподіл водних ресурсів, оптимальне споживання води та скорочення викиду парникових газів. Результати дослідження дозволяють покращити технологію вирощування бобових культур.

Компанією Тайтен Машинері Україна запропоновано практичне застосування штучного інтелекту та технології точного землеробства, яке дозволить підвищити продуктивність сільськогосподарського підприємства. Так використання на обприскувачах камери VSN (Visual Spray Navigation), від Case IH дозволяє виключити під час виконання

операції людський фактор та помилки автопілоту під час роботи. Запропонована технологія VSN використовує безконтактну стереокамеру для точного визначення та навігації по рядах рослин [7].

Використання системи штучного інтелекту Deep Learning дозволяє аналізувати та прогнозувати під час прийняття рішень. Так система точного землеробства від фірми Deere & Company дозволяє підвищити ефективність ведення сільського господарства за рахунок скорочення витрат та покращення управлінням трактором. Система навігації дозволить розпізнавати межі поля, тим самим краще управляти трактором знизивши навантаження на оператора.

Точне землеробство дозволяє оптимізувати ресурси, а саме використання насіння, засобів захисту, мінеральних добрив та навіть води. Все це відбувається ґрунтуючись на точних даних, які були зібрані під час аналізу ґрунту при допомозі спеціального інструменту та обладнання. Використання супутникових знімків та знімків з дронів дозволяють своєчасно виявляти проблемні зони на полі та приймати рішення щодо їх обробітку.

Отже використання точного землеробства дає можливість приймати великі стратегічні рішення, а саме: «де потрібно», «скільки потрібно» та «коли потрібно». Використання нанотехнологій в системі точного землеробства дозволять ідентифікувати та моніторити рослину тим самим покращувати сільське господарство.

Список використаних джерел

1. Цибульська С. Український виробник впроваджує точне землеробство у зрошення. Агроновини України та світу. Сайт https://agroportal.ua/. Головна / Новини / Ексклюзиви. 22.03.2025. URL: https://agroportal.ua/news/eksklyuzivy/ukrajinskiy-virobnik-vprovadzhuye-tochne-zemlerobstvo-u-zroshennya (дата звернення: 02.09.2025).

2. Hussain, Md & Meraj, Jarin & Ahammed Sarker, Oli. (2024). Precision Farming Through the Use of Internet of Things (IoT) Innovations in Agriculture. Journal of Sustainable Agricultural Economics. 18. 10.63471/Sa24004.

3. Barla, Francis & Singh, Naorem & Bharteey, P. & Singh, Laikhuram & Athokpam, Herojit & Surbala, N & Ralte, Zarzoliana. (2023). Chapter -8 Precision Farming: Use of Nanotechnology in Current Scenario.

4. Точне землеробство в Україні: визначення та перспективи. Сайт https://weagro.ua/. Головна / Блог. 12.08.2024. URL: https://weagro.ua/blog/tochne-zemlerobstvo-v-ukrayini-vyznachennya-ta-perspektyvy/ (дата звернення: 03.09.2025).

5. Ahmad, S F & Dar, Aashaq. (2020). Precision Farming for Resource Use Efficiency. 10.1007/978-981-15-6953-1_4.

6. Kim, Tae & Ali, Ahmad. (2024). AI-Enhanced Precision Irrigation in Legume Farming: Optimizing Water Use Efficiency. LEGUME RESEARCH - AN INTERNATIONAL JOURNAL. 10.18805/LRF-791.

7. Штучний інтелект у точному землеробстві: Тайтен Машинері Україна на заході AGROIT FORUM 2025. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна / Новини. 30.01.2025. URL: https://agroelita.info/shtuchnyy-intelekt-u-tochnomu-zemlerobstvi-tayten-mashyneri-ukraina-na-zakhodi-agroit-forum-2025/ (дата звернення: 09.09.2025).

УДК 631

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА У ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

Нефедьєв А.С.
Сумський національний аграрний університет

Соняшник є однією з ключових олійних культур України, що займає провідне місце у структурі посівних площ. Сучасні вимоги ринку та потреба у підвищенні рентабельності виробництва спонукають аграріїв до впровадження новітніх технологій. Одним із найбільш перспективних напрямів є використання систем точного землеробства, які дозволяють оптимізувати витрати ресурсів та підвищувати врожайність при зменшенні негативного впливу на довкілля [1].

Точне землеробство - це система управління агровиробництвом, що базується на зборі та аналізі даних про стан поля, ґрунту, рослин і погодних умов, з подальшим застосуванням диференційованих технологічних операцій. Для цього використовуються сучасні інструменти: GPS-навігація, безпілотні літальні апарати, датчики вологості та живлення ґрунту, автоматизовані сівалки і розкидачі добрив, програмне забезпечення для аналізу та прогнозування [2].

У вирощуванні соняшнику це дає змогу точніше контролювати кожен етап технології - від підготовки ґрунту до збирання врожаю.

Першим кроком у впровадженні точного землеробства є проведення агрохімічного аналізу ґрунту та створення картограм родючості (рис.1.1). Ці карти відображають просторову неоднорідність вмісту поживних речовин і структури ґрунту. На основі таких даних можливо [2]:

- планувати диференційоване внесення добрив;
- визначати зони з підвищеним або зниженим потенціалом врожайності;

- оптимізувати обробіток ґрунту.

Для соняшнику, який є вибагливою культурою до забезпечення фосфором і калієм, точне дозування цих елементів має вирішальне значення для формування врожаю.

Сівалки, обладнані GPS-навігацією та електроприводами висівних секцій, дозволяють змінювати норму висіву насіння в залежності від потенціалу ділянки. Це особливо актуально для соняшнику, де густота стояння рослин впливає на розмір кошика, масу 1000 насінин та олійність. Зменшення норми висіву на слабких ділянках та підвищення на продуктивних зонах дає можливість ефективніше використовувати потенціал поля.

Рис. 1. Інтеграція СТЗ у технологію вирощування соняшника.

Системи змінної норми внесення (VRA - Variable Rate Application) застосовують дані з картограм та супутникових знімків для регулювання доз мінеральних добрив і засобів захисту рослин. У соняшнику це дозволяє [3]:

- уникати перевитрат добрив на ділянках із високим вмістом поживних речовин;
- своєчасно вносити мікроелементи (бор, цинк), що критично важливі для формування врожаю;
- проводити локалізовану обробку фунгіцидами та інсектицидами лише там, де є загроза поширення хвороб чи шкідників.

Дрони та супутниковий моніторинг дозволяють отримувати NDVI-індекси (Normalized Difference Vegetation Index) для оцінки вегетації та виявлення проблемних зон ще до того, як вони стануть помітними візуально. Це дає змогу оперативно реагувати на дефіцит живлення, вологозабезпечення чи появу хвороб.

Для соняшнику, який має тривалий вегетаційний період і часто зазнає стресу від посухи, такий моніторинг є важливим інструментом підтримки рівномірного розвитку посівів.

Хоча соняшник відносно стійкий до посухи, сучасні дослідження показують, що навіть один-два поливи у критичні фази розвитку (бутонізація та налив насіння) можуть значно підвищити врожайність. Системи точного землеробства дозволяють визначати оптимальні строки та обсяги зрошення за даними датчиків вологості ґрунту і прогнозу погоди, запобігаючи як дефіциту, так і надлишку вологи.

Сучасні комбайни з системами картування врожайності фіксують, скільки продукції отримано з кожної ділянки поля. Це створює основу для наступного циклу планування — виявлення стабільно високопродуктивних і проблемних зон та коригування агротехнічних заходів на наступний рік.

Досвід господарств показує, що інтеграція систем точного землеробства у технологію вирощування соняшнику дозволяє знизити витрати на добрива та ЗЗР на 10–20%, підвищити врожайність на 5-15%, а також поліпшити якість насіння (олійність, однорідність). Окупність інвестицій у такі технології зазвичай становить 2–4 роки, залежно від розміру господарства та рівня автоматизації.

Окрім економічного ефекту, точне землеробство сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля. Зменшення перевитрат добрив і пестицидів знижує ризик забруднення ґрунтових вод, а оптимізація обробітку ґрунту допомагає зберігати його структуру та родючість.

Висновок. Інтеграція систем точного землеробства у технологію вирощування соняшнику - це не просто тренд, а необхідність у сучасних умовах. Використання картограм, автоматизованої сівби, диференційованого внесення добрив та ЗЗР, моніторингу стану посівів і зрошення дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати та покращити екологічну ситуацію. Для українських аграріїв це шанс зберегти конкурентоспроможність на світовому ринку та забезпечити стабільний розвиток галузі.

Список використаних джерел

1. Технологія вирощування соняшнику: етапи, нюанси від сівби до збирання. 2024. [Електронне джерело]. Режим доступу: https://superagronom.com/articles/720-tehnologiya-viroschuvannya-sonyashniku-etapi-nyuansi-vid-sivbi-do-zbirannya.

2. Механізовані технології в системах точного землеробства. Журнал Агроном. 2025. [Електронне джерело]. Режим доступу: https://www.agronom.com.ua/mehanizovani-tehnologiyi-v-systemah-tochnogo-zemlerobstva/

3. Системи точного землеробства. Advanced Farming Systems від Case IH. AFS Brochure_.indd.]. https://assets.cnhindustrial.com/caseih/emea/

EMEAASSETS/Products/AFS%C2%AE-Advanced-Farming-Systems/ Brochures/ final_2021_AFS%20Brochure_UKR.pdf

УДК 631

ЦИФРОВИЙ МОНІТОРИНГ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ҐРУНТОЗАХИСНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНОМУ РОСЛИННИЦТВІ

Оксененко О.О.
Сумський національний аграрний університет

У сучасному сільському господарстві проблема надмірного ущільнення ґрунту набула особливої актуальності через широке використання важкої техніки, інтенсифікацію обробітку та нестабільні кліматичні умови. Порушення структури ґрунту веде до зниження врожайності, погіршення водно-повітряного режиму та зменшення ефективності агротехнічних заходів. Вирішення цієї проблеми потребує інноваційного підходу, зокрема впровадження цифрових систем моніторингу та контролю щільності ґрунту, що дозволяє не лише фіксувати проблему, а й активно управляти нею в режимі реального часу [1].

Використання цифрових систем контролю щільності ґрунту в контексті впровадження ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур є одним із ключових напрямів точного землеробства. Завдяки сенсорним системам, GPS-навігації, аналізу даних у хмарних середовищах та використанню алгоритмів штучного інтелекту агровиробники отримують змогу оперативно оцінювати стан ґрунтового середовища, виявляти ділянки з критичним рівнем ущільнення, планувати агротехнічні заходи відповідно до фактичного стану поля. Такі технології дозволяють формувати картограми щільності ґрунту, які стають основою для прийняття обґрунтованих рішень щодо глибини обробітку, тиску колісної техніки, частоти проходів по полю тощо [2].

Оптимізація ґрунтозахисних технологій з урахуванням показників щільності дозволяє значно зменшити антропогенне навантаження на ґрунтову екосистему, що в кінцевому результаті сприяє підвищенню біологічної активності, покращенню структури орного шару, збереженню вологи та забезпеченню сталого розвитку аграрного виробництва. На відміну від традиційних методів, які базуються на загальних нормативних підходах, цифрові системи створюють передумови для реалізації принципів диференційованого підходу, коли обробіток виконується лише там, де це дійсно необхідно, з урахуванням актуального стану ґрунту [2].

Одним із ключових аспектів ефективного впровадження таких систем є інтеграція з існуючими технічними засобами агропідприємства. Сучасні трактори, сівалки, розпушувачі та інші агрегати вже оснащуються елементами цифрового управління, що значно спрощує процес адаптації новітніх технологій контролю. У свою чергу, забезпечення зворотного зв'язку між технікою та цифровими платформами дозволяє автоматизувати частину рішень - наприклад, автоматичне регулювання глибини культивації в залежності від виміряної щільності в режимі реального часу.

Крім суто технічних переваг, застосування цифрових систем контролю має також значний економічний ефект. Зменшення надмірного ущільнення сприяє кращому проникненню вологи та повітря, що позитивно позначається на розвитку кореневої системи та загальній урожайності. В умовах високої вартості ресурсів та обмеженості родючих земель, навіть незначне підвищення ефективності використання площі може давати суттєвий приріст рентабельності виробництва. Економічні розрахунки підтверджують доцільність впровадження ґрунтозахисних технологій, орієнтованих на цифровий моніторинг, особливо при вирощуванні стратегічно важливих культур - таких як озима пшениця, кукурудза, соняшник [3].

Таким чином, цифрові системи моніторингу щільності ґрунту не лише розширюють технічні можливості аграріїв, а й забезпечують концептуально новий рівень ведення аграрного виробництва. Їх впровадження є необхідною умовою для переходу до високоточного, ресурсозберігаючого, екологічно відповідального та економічно ефективного землеробства. Технології контролю щільності ґрунту в умовах цифрової трансформації агросектору стають не просто інструментом обліку, а стратегічним елементом агротехнологічного управління, що дозволяє не лише зберігати ґрунт як природний ресурс, а й формувати конкурентоспроможну модель агровиробництва майбутнього.

Список використаних джерел

1. Стан українських ґрунтів стає проблемою екологічної безпеки краї-ни. Superagronom. [Електронне джерело]. Режим доступу: https://superagronom.com/news/9421-stan-ukrayinskih-gruntiv-staye-problemoyu-ekologichnoyi-bezpeki-krayini

2. Розвиток рушіїв сільськогосподарської техніки у новітньому періоді. Завод колісних систем Консіма. [Електронне джерело]. Режим доступу: http://consima.com.ua/2018/11/04/rozvytok-rushiiv-sgt-unp/

3. Налобіна, О. О., Голотюк, М. В., & Пуць, В. С. (2023). Дослідження впливу ущільнення ґрунту на його основні характеристики. Сільськогосподарські машини, 49, 39- 45. https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1017

УДК 631.372

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ТА ТРАКТОРІВ

Борак К.В., Весельський В.І.
Поліський національний університет

Зростання населення світу й глобальна конкуренція змушують аграрний сектор одночасно підвищувати урожайність та зменшувати навантаження на довкілля. Згідно з прогнозами ООН, до 2050 р. населення Землі сягне 9,7 млрд осіб, що потребує приблизно 60 % зростання аграрної продукції [1]. При цьому сільське господарство стикається з дефіцитом кваліфікованих працівників, енергетичною кризою та нерівномірністю кліматичних умов. Відповіддю на ці виклики є впровадження автономних машин і систем керування, які дають змогу працювати цілодобово, оптимізувати використання ресурсів та полегшити роботу фермерів.

Серцем автономних машин є навігаційні системи, що забезпечують траєкторію руху й точне розміщення. Традиційні системи GPS поступово доповнюються або замінюються комбінаціями RTK-GNSS, інерціальної навігації та ультраширокосмугових (UWB) датчиків. У нових розробках високоточне позиціонування забезпечується інтеграцією інерціальних навігаційних систем (INS) і супутникового навігаційного обладнання (GNSS), що дозволяє отримувати 3–5 см точність навіть при короткотривалих збоях сигналу [2]. Огляд IEEE Access показує, що в складних польових умовах найбільш поширеними є саме такі інтегровані системи, а алгоритми Кальмана та їхні розширені варіанти забезпечують роботу з мультимодальними даними та адаптацію до шумів [1]. Для навігації використовуються глобальне (при відомій карті поля) та локальне планування траєкторії; локальне планування адаптує маршрут, враховуючи дані від сенсорів і застосовуючи алгоритми об’єднання даних для досягнення вищої точності

Сучасні трактори використовують багатоспектральні, інфрачервоні й LiDAR-сенсори, які формують тривимірні карти та розпізнають об’єкти. Автономні машини базуються на трьох «пілонах»: сенсорах і актюаторах, з’єднаності та штучному інтелекті. LiDAR забезпечує тривимірне картування й виявлення перешкод, високорезольційні камери визначають стан рослин, а GPS з RTK-корекцією забезпечує точне слідування маршруту. Автономні трактори використовують мультиспектральні, інфрачервоні та LiDAR-сенсори для визначення вмісту поживних речовин у ґрунті та стану рослин, що дозволяє досягти сантиметрової точності навігації.

Алгоритми машинного навчання працюють над адаптацією параметрів посіву, добрив чи зрошення та виявленням шкідників. Платформи штучного інтелекту аналізують погодні прогнози, історичні врожаї та дані сенсорів у реальному часі, щоб приймати оптимальні рішення. У автономних машинах ці алгоритми забезпечують виявлення хвороб і потреб у добривах, а також виконують прогнозування технічних несправностей, завдяки чому час простою зменшується. Розвиток глибокого навчання дозволяє роботам працювати в складних умовах, зокрема під час відсутності GPS-сигналу, використовуючи комбіновані дані з камер і інерціальних датчикі [1].

Головною ознакою сучасних систем керування є постійний обмін даними між машинами, хмарними сервісами й операторами. Технологія телематики інтегрує сенсори, GPS та комунікаційні модулі, дозволяючи в реальному часі контролювати стан обладнання, умови поля та ефективність операцій. 5G-мережі та IoT забезпечують постійну передачу даних між технікою та хмарними платформами, оптимізуючи завдання та управління парком машин. Платформи тепер включають блокчейн-модулі, які забезпечують прозорість і надійність даних у ланцюгу поставок, а у робототехнічних фермах відкривають можливості для фіксації вуглецевого сліду та управління сертифікацією продукції.

Основні компоненти: сприйняття – планування – виконання.

В автономній навігації виділяють три ключові підсистеми:

Сприйняття навколишнього середовища. Вона включає високоточне позиціонування, розпізнавання рядків культур і виявлення перешкод. Розробки базуються на багатодатчиковому злитті: GPS/RTK поєднується з інерціальними датчиками, камерами та LiDAR-сенсорами. Дослідження показують, що інтегровані системи (INS + GNSS) є найефективнішими для складних польових умов, тоді як фільтри Кальмана забезпечують стійкість до шумів.

Планування траєкторій. Планування поділяється на глобальне (за відомої карти поля) і локальне (реактивне). Локальне планування використовує дані сенсорів для побудови маршруту в реальному часі, що дозволяє машині об’їжджати перешкоди й адаптуватися до змін у середовищі. Сучасні алгоритми працюють із функціональним перетворенням даних, використовуючи фільтри Кальмана, часткові фільтри та методи нейромережевої локалізації.

Виконавчий контроль. Цей рівень реалізує траєкторію шляхом точної координації рульових приводів, тягових механізмів і інструментів. Геометричні й динамічні моделі тракторів забезпечують точне відстеження шляху, скорочуючи перекриття до 6 % та прогалини до 16 %, що підвищує ефективність роботи на 20 %.

Автономні системи використовують дані з кількох сенсорів, оскільки польове середовище складне й неструктуроване. Із визначенням швидкості та становища справляються фільтри Кальмана, розширені та адаптивні модифікації, а також часткові фільтри. Огляд багатосенсорної навігації вказує, що інтеграція INS+GNSS є найпоширенішою, а фільтри Кальмана демонструють високу стійкість і адаптивність при злитті даних [1]. Подальший розвиток включає застосування глибинних нейронних мереж для прогнозування позиції при перебоях GNSS і розробку гібридних алгоритмів, які комбінують традиційні фільтри з машинним навчанням [1].

Окремим напрямком є координація кількох автономних машин або «рій» роботів. Ройова робототехніка передбачає роботу численних невеликих роботів – наземних або повітряних, які колективно обстежують поля та виконують завдання, що підвищує швидкість операцій і зменшує потребу в людях. Такі системи потребують розподіленої координації, де кожен агент використовує дані з сенсорів і комунікує з іншими, щоб уникати зіткнень, підтримувати заданий інтервал і реагувати на зміни у середовищі. У перспективі координація кількох тракторів дозволить виконувати комплексні роботи (орні, сівба, внесення добрив) в стислі терміни та оптимізувати навантаження на ґрунт.

Проривною тенденцією є перехід від окремих функцій автопілота до повноцінних автономних тракторів, що працюють без оператора. Крім серійних моделей, великі виробники й стартапи пропонують ретрофіт-комплекти, які перетворюють існуючі трактори в автономні. Наприклад, Sabanto Autonomy System підключається до систем керування та гідравлічних систем трактора, використовує GNSS-антени, камери та датчики виявлення перешкод і надає дистанційне керування через мобільні та настільні застосунки. Комплект пропонує функції обмеження робочої зони (геозона), аварійні кнопки й оперативний моніторинг, що підвищує безпеку.

Carbon Robotics представила набір AutoTractor для тракторів John Deere 6R та 8R. Система використовує існуючі кріплення та бортову електропроводку і працює без зупинок 24/7. Вона виконує підготовку ґрунту, оранку, культивацію та кошення без водія, а також інтегрується з лазерними прополювачами. Набір оснащено RTK-GPS, 360° камерами, радарними датчиками безпеки та фізичними й дистанційними кнопками аварійної зупинки. Дистанційний центр керування (ROCC) відстежує роботу в реальному часі й може перехопити управління при виникненні перешкод чи несподіваних ситуацій. Завдяки цьому фермеру не потрібно виїжджати в поле для усунення несподіваних випадків, що мінімізує зупинки.

Компанія AGCO реалізує ретрофіт-стратегію під назвою OutRun, яка поєднує їхні наявні технології (навігація, автономія, комп’ютерний зір).

Система дозволяє автономне керування зерновими причепами та tillage-функціями і буде сумісна з трактори Fendt та John Deere. Під час випробувань відзначено, що робота на 85 % потужності двигуна дає 7–8 % економії пального, а цілодобова робота розширює вікно польових операцій. Управління виконується через планшет: фермер після першого обхідного проходу задає параметри роботи та отримує план-місію, а система виконує її з високою точністю. Крім економії пального, автономне управління знижує кількість помилок та втоми оператора.

У більшості випадків автономні трактори залишають можливість ручного керування, що підвищує гнучкість експлуатації. Вартість автономного трактора John Deere 8R складає 500–600 тис. USD, тоді як комплекти для ретрофіту коштують 50–70 тис. USD і окупаються за 2–4 роки за рахунок скорочення операційних витрат.

Крім традиційних тракторів, розробляються малі робототехнічні платформи для конкретних завдань. Роботи для збирання врожаю оснащуються системою комп’ютерного зору та гріперами, що обережно знімають ягоди та помідори, запобігаючи пошкодженням. Роботи-бур’янини використовують мультиспектральні камери й лазери для точкового знищення бур’янів, що значно скорочує використання гербіцидів. Роботи для моніторингу ґрунту розміщують підземні датчики, які аналізують кореневі системи та розподіл поживних речовин. Створюються й компактні автономні трактори (AgXeed, Naïo), здатні працювати на невеликих фермах та в теплицях.

Окрім автоматизації, майбутнє систем керування пов’язане з переходом доелектричних та гібридних приводів. Компанія Monarch Tractor створила MK-V – перший у світі 100 % електричний, «водій-опціональний» трактор. Машина має модульну електроплатформу, працює на штучному інтелекті WingspanAI і може здійснювати повністю автономне переміщення кормів у молочних господарствах. Державна програма California CORE надає до 68750 USD субсидії для придбання таких тракторів, що стимулює перехід до беземісійних машин. Оператори відзначають підвищення молочної продуктивності та зменшення витрат, а ферма Gamble Estate випробувала економію 10–12 тис. USD на пальному й скорочення викидів CO_2 на 40–50 тонн на рік.

Електрифікація сприяє зменшенню викидів і підвищенню енергоефективності. Сучасні роботи все частіше використовують акумулятори з високою щільністю енергії та сонячні панелі, що робить їх незалежними від викопних ресурсів. Об’єднання електроприводу, автоматизації та штучного інтелекту дозволяє створювати так звані «програмно визначувані трактори», функціональність яких можна розширювати оновленнями ПО, адаптуючи машину до нових задач.

У майбутньому значну увагу приділятимуть координації та спільній роботі кількох автономних машин. Ройова робототехніка передбачає, що десятки дрібних роботів (дрони, наземні машини) працюють синхронно, обмінюючись даними та розподіляючи завдання. Такі рої можуть швидко обстежувати великі поля, підвищуючи швидкість робіт і зменшуючи потребу в людській праці. Крім дронів, розвиваються підземні роботи для моніторингу кореневої системи та стану ґрунту, а також роботи для внесення добрив і посіву, які координуються між собою через хмарні платформи. Ключовим завданням є створення алгоритмів розподіленої навігації та управління, які дозволять кожному агенту реагувати на зміну середовища, уникати конфліктів та забезпечувати глобальну оптимальність.

Системи керування сільськогосподарських машин активно переходять на телекерування та дистанційний моніторинг. Технології IoT та 5G дозволяють передавати дані від сенсорів та машин до хмарних систем у реальному часі. Телематичні рішення інтегрують датчики, GPS і комунікаційні системи, забезпечуючи моніторинг продуктивності обладнання, умов поля й ефективності операцій. Сучасні системи телематики використовують блокчейн для забезпечення трасуваності й надійності даних, що важливо при контролі якості та карбоновому обліку.

Великі виробники та стартапи також розгортають центри дистанційного керування, де оператори можуть контролювати кілька машин. Carbon Robotics створила центр ROCC, що дозволяє віддалено втручатися у роботу автономних тракторів, використовуючи відео з камер та RTK-GPS. Це рішення забезпечує безперервність робіт навіть при виникненні непередбачуваних ситуацій.

Попри значні досягнення, впровадження автономних систем має низку викликів:

- Висока вартість і фінансова доступність. Високоточні сенсори, програмне забезпечення та комунікаційне обладнання поки що залишаються дорогими, що ускладнює впровадження на дрібних фермах. Хоча ретрофіт-комплекти знижують поріг входу, повністю автономні трактори коштують сотні тисяч доларів.
- Надійність та адаптивність. Польові умови є непередбачуваними (пил, дощ, рослинність), що може перешкоджати роботі сенсорів. Огляди підкреслюють необхідність багатосенсорного злиття тасамодіагностики системи, щоб забезпечити стабільну навігацію.
- Регуляторні та безпекові вимоги. Норми ISO 18497 та Регламент ЄС 2023/1230 вимагають сертифікації автономних машин і можуть впливати на проектування систем безпеки. Компанії повинні розробляти системи аварійного зупинення, контролю швидкості та обмеження робочих зон, що ускладнює розробку.

- Кадрова підготовка. Хоча автономні системи зменшують потребу в операторах, вони вимагають нових компетенцій: налаштування, моніторингу та діагностики. Навчання персоналу лишається критичним для безпечного використання.
- Кібербезпека та захист даних. Інтеграція IoT і блокчейну збільшує ризик кібератак, тому необхідно впроваджувати механізми автентифікації та шифрування даних.

Подальший розвиток систем керування сільськогосподарських машин буде спрямований на:

1. Інтелектуальні гібридні системи. Поєднання GNSS, UWB, INS, машинного зору та штучного інтелекту дозволить забезпечити точність кілька сантиметрів навіть у складних умовах. Розробка адаптивних і нейромережевих фільтрів Кальмана підвищить надійність навігації.
2. Енергонезалежні платформи. Використання сонячних панелей, водневих паливних елементів та акумуляторів із високою щільністю енергії зменшить залежність від викопного палива. Підвищена ефективність дозволить працювати автономним машинам довше без підзарядки.
3. Розподілене та крайове обчислення. Перенесення обробки даних на край (edge computing) дозволить зменшити затримки та виконувати аналіз у реальному часі. Це стане основою для координації роєв роботів і мультимашинних систем.
4. Людино-машинна взаємодія та соціальні аспекти. Боротьба з «цифровим розривом» включає навчання фермерів і операторів, розробку інтуїтивних інтерфейсів та безпекових стандартів. Потрібно враховувати етичні й соціальні наслідки автоматизації, щоб забезпечити справедливий перехід у сфері зайнятості.
5. Стандартизація. Створення відкритих протоколів та уніфікованих платформ (ISOBUS, ISO 11783) дозволить різним машинам і сенсорам легко взаємодіяти. Розвиток стандартизованих інтерфейсів прискорить інтеграцію роботів із традиційною технікою.

Розвиток систем керування сільськогосподарських машин і тракторів переживає бурхливий етап завдяки поєднанню високоточної навігації, датчиків, штучного інтелекту та комунікаційних технологій. Інтегровані платформи GNSS/INS та багатосенсорне злиття забезпечують сантиметрову точність у польових умовах, а розвиток ретрофіт-комплектів робить автономію доступнішою. Важливими напрямками залишаються електрифікація (як показує приклад трактора MK-V), роєва робототехніка та дистанційне управління. Попри виклики (високу вартість, нормативні вимоги та необхідність навчання персоналу) тенденції свідчать про те, що автономні машини стануть ключовим елементом сталого та продуктивного сільського господарства. Подальші дослідження мають зосередитися на

створенні адаптивних, безпечних і енергоефективних систем, які можуть співпрацювати між собою та покращувати життя фермерів у всьому світі.

Список використаних джерел

1. Yang J., Zulkarnain N., Ibrahim M. F., Nordin Ili N. A. M., Vaghefi S.A. A comprehensive review of agricultural ground automatic navigation systems based on Multi-sensor fusion. January 2025IEEE Access PP(99). DOI:10.1109/ACCESS.2025.3612811.

2. Jiang L., Xu B., Husnain N., Wang Q. Overview of Agricultural Machinery Automation Technology for Sustainable Agriculture. Agronomy 2025, 15(6), 1471; https://doi.org/10.3390/agronomy15061471.

УДК 167.7:620.178:631.3.02

КОМПОЗИТНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ І ПОКРИТТЯ У ВИРОБНИЦТВІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА І ТВАРИННИЦТВА

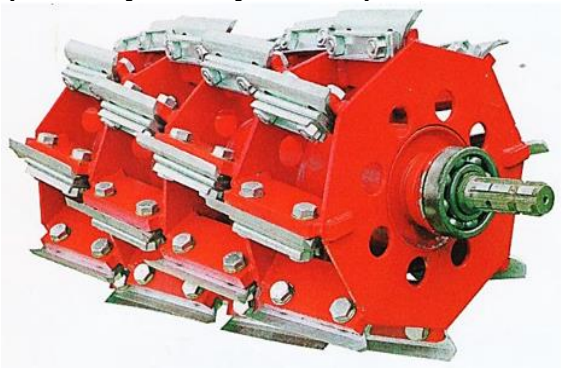
Денисенко М.І.
ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»

Постановка проблеми. Для створення різноманітних конструкцій робочих органів машин, а також їх і ремонту та відновлення, треба використовувати композитні порошкові матеріали і покриття, що мають високі фізико-механічні властивості.

Аналіз останніх досліджень. На сьогодні розроблено більше 120 методів поверхневого зміцнення, поряд з традиційними методами хіміко-термічної обробки, загартування СВЧ, електролітичних покриттів, різних видів наплавлення розвиваються нові технології з використанням джерел з високою концентрацією енергії: лазерне зміцнення, іонно-плазмові методи, детонаційне напилювання, електроіскрове легування композиційних покриттів та інші методи. [1]

В машинобудуванні та інших галузях виробництва найбільш розповсюджені отримали тверді сплави з карбіду вольфраму (WC). Карбід вольфраму – хімічна сполука вуглецю і вольфраму, це кераміка. Це самий твердий сплав з усіх відомих: він в 4 рази твердіше титану, у 6 разів твердіше сталі, за твердістю його можливо порівняти тільки з алмазом. Кормозбиральні комбайни JF Stoll оснащені ротором нової конструкції з 32 ножами. Завдяки спеціальній конструкції ножів ротор захищений від перевантажень, ніж має лінію зламу, по якій він руйнується при попаданні крупних твердих предметів (рис.1). Протирізальна пластина покрита

вольфрамом, вона встановлюється іншою робочою крайкою, і таким чином термін служби суттєво зростає.



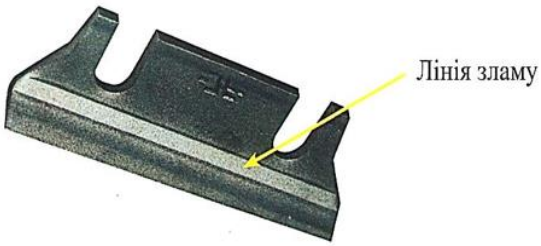


Рис. 1. Вдосконалений ротор кормозбирального комбайну зі зміцненими ножами.

Поверхневі шари деталей і багатьох робочих органів сільськогосподарської техніки в процесі експлуатації зазнають інтенсивного абразивного зношування, в результаті чого обладнання передчасно виходить з ладу. Оскільки робочі органи сільськогосподарських машин працюють в абразивному середовищі, зазнаючи значних динамічних навантажень, то на їх поверхні треба формувати зносостійкі покриття, що мають високі показники ударної в’язкості.

Мета досліджень. Підвищення надійності, довговічності та ресурсу робочих органів машин для тваринництва і рослинництва шляхом використання композитних порошкових матеріалів і покриттів.

Результати досліджень. Визначальною особливістю сучасного машинобудування являється широке використання методів інженерії поверхні, що дозволяють радикально змінювати властивості конструкційних матеріалів. Порошкові матеріали з нерівноваженою структурою являють собою міцну пластичну металеву матрицю і рівномірно розподілені в ній тверді включення тугоплавких з’єднань в кількості 15-20%, що забезпечують підвищену міцність і зносостійкість матеріалів. Разом з тим основним недоліком таких матеріалів є їх низька корозійна стійкість.

Карбідосталі за своїми властивостями є проміжними між твердими сплавами і інструментальними сталями. На відміну від відомих рішень нами запропонована карбідосталь на основі феритно-мартенситного класу, оскільки вони мають мінімальний вміст цінних і дефіцитних легуючих елементів при значних корозійних властивостях, добре піддаються гарячому штампуванню та гартуванню. В якості твердої домішки нами був вибраний вищий карбід хрому $Cr_3 C_2$, оскільки відомо, що сплави з його участю мають високу стійкість до корозії в розчинах кислот і лугів.

Сплави «хромиста сталь – карбід хрому» мають поряд з високою твердістю і зносостійкістю підвищені характеристики міцності. Проведені

дослідження впливу температури спікання на структуру і властивості зразків карбідосталі на основі хромистої сталі з домішками карбіду бору. За результатами випробувань, котрі проводилися у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція», молотки кормоприготувальної установки БМК – 1, що армовані модульними пластинами зі експериментального сплаву Х13М2 – Cr_3C_2 - B_4C показали підвищення зносостійкості і терміну служби у 3 – 3,5 рази вище терміну служби серійних молотків зі сталі 65Г. (рис.2, рис.3) [2].

Рис. 2 Кормоприготувальна установка БМК-1

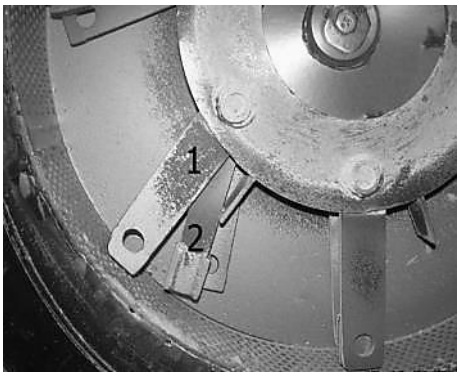


Рис. 3. Ротор з молотками дробарки БМК-1: 1 - серійні, 2 – експериментальні зі вставками з Х13М2-Cr_3C_2-B_4C

Молоток кормоприготувальної установки БМК-1 – це сталева прямокутна пластина, робочі грані котрої армуються шляхом електрозварювання у середовищі вуглекислого газу, модульними пластинами зі зносо-корозійностійкого матеріалу Х13М2 – Cr3 C2 - B4 C. (рис. 3). Одним з ефективних методів підвищення стійкості деталей до абразивного і корозійного руйнування – використання для їх виготовлення порошкових кераміко-металевих матеріалів з гетерогенною структурою, в тому числі модульних армуючих вставок зі твердих сплавів, наплавок та покриттів з них.

В основі нашої роботи було використано «точкове зміцнення» - дугове точкове зварення (ДТЗ) швидкозношуваних робочих органів ґрунтообробних, садильних, кормозбиральних сільськогосподарських машин (лапи культиваторів, лемеші плугів, диски борін, молотки кормодробарок, траки гусениць, долота сошників та інші деталі) (рис. 4.). Використання самозахисного порошкового дроту типу ПП – АН170, ПП – АН170М, ПП – АН170М2, ПП – АН148 та інших марок товщиною (діаметром) 1,2 – 3,2 мм для механізованого зварення в захисному газі та відкритою дугою найбільш ефективно в польових умовах.

Оптимальну крапку зміцнення (висота головки) вибираємо в залежності від функціонального призначення робочого органу. При крапковому зміцненні (ДТЗ) деталей, одна із головних умов, що забезпечує стабільну якість зміцнення – узгодження величини зварного струму та напруги дуги. В залежності від етапу ДТЗ, товщини з'єднуваних деталей та діаметру порошкового дроту параметри точкового зварення приймаємо наступними: сила зварного струму 150 – 800А, напруга на дузі 30 – 50В, швидкість подавання порошкового дроту 30 – 700 м/год, тривалість зварення 0,5 – 3,0 с. Зварний струм чинить найбільший вплив на формоутворення крапки зміцнення. (рис. 4, рис. 5).

Рис. 4. Агрегат комбінований швидкісний АКШ – 3,6

Рис. 5. ніж плоскоріза (лапа культиватора) - наробіток 350-600 га, твердість крапки зміцнення HRC 60 65.

Висновок. Використання без вольфрамових твердих сплавів і багатошарових порошкових композиційних матеріалів дозволяє в 10…13 разів збільшити терміни служби швидкозношуваних деталей і робочих органів сільськогосподарських машин у порівнянні з деталями з вуглецевих та інструментальних сталей. Серед великої кількості розробок у цьому напрямі важливе місце посідають нові сплави, нові композитні матеріали і покриття та методи їх з'єднання, технології виробництва нанопорошків, вуглецеві матеріали, нано кристалічні сплави на основі міді і заліза.

Список використаних джерел

1. Шамрай В.Б. Поліпшення триботехнічних властивостей деталей сільськогосподарських машин шляхом формування композиційних покриттів. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка. Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, 2025. 173 с.

2. Денисенко М.І., Зазимко О.В., Лабунець В.Ф. Дослідження поверхонь тертя робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин. Проблеми тертя та зношування. 2016. №1 (70). С. 150-153.

УДК 631.361:62-78

РОЗРОБКА УМОВ БЕЗПЕЧНОЇ ПРАЦІ НА МОЛОТКОВИХ І РОТОРНИХ ДРОБАРКАХ

Єременко О.І., Войналович О.В., Куліш А.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальність. При виробництві багатьох видів кормів та на твердопаливних підприємствах для забезпечення дрібного і тонкого подрібнення рослинних матеріалів до розмірів частинок менш 5 мм широкого розповсюдження набули подрібнювачі ударної дії, зокрема молоткові і роторні дробарки, дезінтегратори та ін. [1]. Разом з цим, експлуатація та обслуговування такого обладнання супроводжує виникнення ряду небезпечних чинників, а саме: механізми, що швидко обертаються, підвищений шум і вібрація, електрична та пожежна небезпека, пилоутворення тощо [2].

Мета роботи: навести заходи щодо безпечної роботи на молоткових і роторних дробарках в умовах АПК для запобігання нещасним випадкам під час експлуатації подрібнювачів ударної дії.

Викладення основного матеріалу. В молоткових і роторних дробарках руйнування рослинного матеріалу відбувається за рахунок ударних навантажень, які виникають при дії робочих органів, що обертаються, зіткненні летючих частинок між собою та з нерухомими поверхнями.

Молоткова дробарка складається з корпусу, який футерований стальними відбійними плитами, на валу ротора змонтовані диски з шарнірно навішеними молотками. Матеріал після ударних дій молотків руйнується, частинки певного розміру проходять крізь колосникову решітку та виводяться з дробарки [1].

Молотки, плити та решітка виготовляються зі зносостійкої сталі (вуглецевої з твердосплавними напайками або марганцевистої). Ступінь подрібнення в молоткових дробарках досягає 15-20 при кінцевому розмірі частинок 1-5 мм [1, 2].

В роторних дробарках руйнування матеріалу відбувається за рахунок бил, що швидко обертаються й жорстко закріплені на зовнішній поверхні ротора. В дробарці з матеріалу спочатку відсіюється дрібна фракція, а основна маса направляється на ротор, де відбувається подрібнення [1].

Зазначені дробарки є високопродуктивні, забезпечують суттєву ступінь подрібнення. Проте швидке зношення робочих елементів, велике

пилоутворення, необхідність точного балансування роторів є їхніми недоліками.

До обслуговування дробарок допускаються особи, які досягли 18 років та пройшли медичний огляд для визначення їх придатності до виконання обов'язків дробильника, мають необхідний рівень технічних знань і практичних навичок в роботі. Навчання за професією проходять в навчальних пунктах. Під час навчання дробильник допускається до роботи спільно з досвідченим оператором.

До роботи з подрібнення грубих кормів допускаються працівники, які пройшли навчання з питань охорони праці та отримали відповідне посвідчення. Перед початком виробничої діяльності дробильник повинен отримати на робочому місці первинний інструктаж з охорони праці. Повторний інструктаж проводять не рідше одного разу на квартал. Якщо з організації праці дробильник зобов'язаний обслуговувати інші механізми та агрегати (живильники, грохоти, конвеєри тощо), то він повинен бути навчений всім видам робіт.

Працівники, які зайняті на подрібненні кормів чи біосировини, повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям, захисними окулярами, рукавичками та іншими засобами індивідуального захисту.

До початку роботи дробильник повинен упевнитися в безпечному стані робочого місця, перевірити наявність і справність запобіжних пристроїв, інструменту, механізмів і пристосувань, потрібних для роботи.

Усі рухомі частини дробарки та пасові передачі повинні мати огородження, що виключають доступ до них під час роботи. Огородження необхідно надійно закріплювати. Обертові частини (вали, муфти, шківи) повинні мати суцільні або сітчасті огорожі з осередками не більше 25 мм. Сітчасте огородження роторів допускається з розміром вічка не більше 40 на 40 мм.

Усі монтажні прорізи-приямки, закривають настилами урівень, або захищають поручнями висотою не менше 1 м із суцільною обшивкою по низу поручнів на висоту 0,14 м.

На робочому місці вивішують інструкцію про порядок пуску, експлуатації та зупинки дробарки. Перед пуском має бути поданий попереджувальний сигнал. Якщо пуск здійснюють з пульта управління, а дробарка знаходиться поза зоною видимості, то подають звуковий сигнал тривалістю не менше 10 с, після якого робиться витримка у часі не менше 30 с, а потім після подачі другого сигналу тривалістю 30 с запускають дробарку.

В роботі дробарок з підвищеним рівнем шуму повинна бути передбачена дублююча світлова сигналізація.

Забороняється ремонт рухомих частин і огороджень при роботі дробарки, а також змащення механізмів на ходу, якщо маслянки не виведені в безпечну зону від рухомих частин. Очищувати робочі зони дробарки дозволяється тільки при вимкненому електромеханічному приводі.

Шурування у випускних отворах живильників, завантажувальних і розвантажувальних воронках при працюючих живильниках допускається тільки при наявності спеціальних шурованих отворів і відповідному обладнанні робочого майданчика.

Під час роботи не допускається залишати обладнання без нагляду; працювати з обладнанням, у якого несправні захисні пристрої; піднімати, переносити або переміщувати обладнання без застосування спеціальних пристосувань.

У випадку аварійної зупинки дробарки подальший запуск здійснюють у відповідності до спеціально розробленої інструкції, що затверджена головним інженером підприємства.

Поблизу робочого місця повинні бути встановлені засоби пожежогасіння. Після закінчення роботи необхідно відключити обладнання від електроживлення та прибрати робоче місце.

При ремонті дробарки електрична схема привода має бути знеструмлена, а на пускових пристроях вивішені плакати «Не вмикати - працюють люди!». Про нещасний випадок потерпілий або свідок повинні негайно повідомляти особі технічного нагляду або керівнику виробничого підрозділу. Оператор дробарки зобов'язаний вести записи в книзі здачі та прийому змін. Правильність заповнення книги перевіряє відповідальна посадова особа.

Висновок. Приведені заходи свідчать про значну кількість небезпечних чинників, що загрожуватиме здоров’ю та життю операторів молоткових і роторних дробарок. Запорукою виробничої безпеки на дробильних дільницях є ретельне виконання відповідних нормативних вимог.

Список використаних джерел

1. Yeremenko, O.I. Research of advanced crusher wood biomass for solid fuel production. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. 2020. Vol. 11, No 1, 105-113.

2. Войналович О.В. Працеохоронні засади у схемах, таблицях і графіках. Київ: Основа, 2014. 142 с.

УДК 669:620.18

БОР В СУЧАСНИХ СТАЛЯХ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Похиленко Г.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Бор (B) (атомний номер 5 та атомна маса 10,81) має густину 2,34 г/м^3. Температура плавлення бору становить 2076°C, а температура кипіння —

3927°C. Бор є твердою речовиною за атмосферного тиску та температури 0°C. Сталі з бором стають дедалі популярнішими, а їх застосування — різноманітнішим. Їхні високі властивості за розумною ціною досягаються завдяки передовим технологіям виробництва. Хоча сталі з бором спочатку розроблялися переважно для міцних, зносостійких деталей, зараз вони набувають ширшого використання.

Бор корисний як легуючий елемент у сталі завдяки його впливу на підвищення прогартовуваності. Його додають до вуглецевих (C) та низьколегованих сталей у концентрації від 0,0015% до 0,0030% для підвищення рівня твердості шляхом покращення прогартовуваності.

Бор легко реагує з киснем (O) та азотом (N) і не є корисним для сталей, якщо він знаходиться у зв'язаній формі. Тому під час виробництва сталі слід бути обережним, щоб забезпечити належний захист бору. Якщо запобіжних заходів не вживати, це може призвести до нестабільної реакції при термічній обробці бор сталі.

Бор агресивно реагує з киснем, вуглецем та азотом, розчиненими в рідкій сталі. Бор реагує з киснем, утворюючи оксид бору (B_2O_3), з вуглецем, утворюючи цементит заліза бор [$Fe_3(CB)$] та карбід бору заліза [$Fe_{23}(CB)_6$], а також з азотом, утворюючи нітрид бору (BN). Втрати бору через кисень запобігають шляхом додавання бору до сталі Si-Al. Нітридоутворювачі, такі як Al (алюміній), Ti (титан) та Zr (цирконій), захищають бор від реакції з азотом. Стандартна практика додавання бору в ківш з розливом - після додавання всіх інших легуючих добавок. Зазвичай це робиться в період між заповненням ківша на одну чверть та три чверті. Втрати ефективності бору можна запобігти, використовуючи вищий вміст Al (алюмінію) і Ti (титану).

В Європі аграрні машинобудівники використовують низьколеговані борвмісні сталі (наприклад, Boron 24, виробник SSAB). Щоб замінити деталі імпортної техніки, яка вийшла з ладу в Україні для сільськогосподарських машин почали випускати сталь 30MnB5 (EN-standard) Українського виробництва (виробник Метінвест). До того ж, після гартування і відпуску, деталі з цієї сталі набувають підвищену експлуатаційну стійкість – їх ресурс в два-три рази вище в порівнянні з продукцією зі сталі 65Г, яка використовується для аналогічних деталей. Інша борсталь, яка випускаються в Україні і Європі (Італія), з підвищеними міцністю і жароміцність - 38MnB5, а також низьковуглицева 27MnCrB5 з кращою прогартовуваністю, більш високою міцністю і покращеною зварюваністю.

Інша вуглецева борсталь 15B30 виготовляється відповідно до обмежень щодо хімічного складу Американського інституту чавуну та сталі (AISI) і Товариства автомобільних інженерів (SAE). В сталь 15B30 бор

додається для покращення прогартовуваності, міцності та зносостійкості порівняно зі звичайною вуглецевою сталлю з таким самим вмістом вуглецю.

Загальне застосування сталі 15В30 включає в себе інструменти для роботи на землі та деталі для сільськогосподарських машин, такі як диски, фрези, підмітальні машини та шипи. Сталь містить 0,27-0,35% вуглецю, 0,7-1,2% марганцю, 0,03% фосфору або 0,01 фосфору, 0,15-0,35% кремнію, 0,0005-0,003% бору.

Також інноваційні рішення щодо сталей з бором пропанує компанія Ovako (Швеція). Наприклад, це сталі SB33M13B, BM 312 (типовий аналіз містить 0,3% вуглецю, 1,3% марганцю, 0,2% кремнію) або SB27M12CB, BCM 311 (типовий аналіз містить 0,27% вуглецю, 0,2% кремнію, 1,3% марганцю, 0,5% хром). Для підвищення надійності і довговічності деталей, які працюють в умовах складних навантажень, є доцільним введення в сталі бору і комплексів в які входить бор, які сприяють підвищенню прогартовуваності, твердості, подрібненню структури сталі (бор); міцності, в'язкості, опору втомлюваності і зносостійкість (ванадій), зменшенню зерна, а також дозволяє отримати сталь із заздалегідь заданою зернистістю (цирконій) . Виходячи з цих позицій на основі відомої 30ХГС розроблена комплекснолегована сталь (Патент на винахід №76664. Сталь. Бюл. №8 від 15.08.2006 р.).

Відзначимо, що введення бору в сталь 30ХГС дозволило збільшити межу текучості на 100 – 150 МПа, а межу міцності на 200 МПа після низького і середнього відпуску, тоді як при високому відпуску ці показники практично не змінилися. Введення в сталь комплексу бор – ванадій дозволило не лише підвищити межу міцності і межу текучості на 100 МПа після низького і середнього відпуску, але й збільшити в 1.5 рази ударну в’язкість.

УДК 631.3:621.865.8

РОБОТОТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ В РОСЛИННИЦТВІ

Борак К.В.
Житомирський агротехнічний фаховий коледж
Савченко В.М., Корнійчук Ю.М.
Поліський національний університет

Розвиток робототехніки відкриває нові можливості для підвищення ефективності рослинництва у межах концепції «точного землеробства». Сучасні агроботи здатні оптимізувати виробничі процеси: від посіву до

збору врожаю, зменшуючи використання ресурсів і негативний вплив на довкілля. Уряди різних країн покладають великі надії на цифрові технології та автономні машини для вирішення проблем продовольчої безпеки, зміни клімату і дефіциту робочої сили [1]. Очікується, що впровадження таких технологій підвищує економічну віддачу: зокрема, інтенсивніше використання «розумної» техніки може давати до 30% збільшення прибутковості господарств [1]. Роботи дедалі частіше застосовуються в полі та теплицях, допомагаючи фермерам скоротити витрати праці й ресурсів, підвищити врожайність і якість продукції.

Однак попри значні перспективи, рівень впровадження аграрних роботів поки що залишається відносно низьким у порівнянні з потенційним попитом. Причини цього – висока вартість технологій, недостатня обізнаність аграріїв та технічні обмеження перших поколінь роботів [1]. Тим не менш, успішні приклади комерційного застосування вже існують у різних галузях рослинництва. У цій статті проведено аналіз сучасних роботизованих засобів у рослинництві, їх технічних характеристик та досвіду впровадження, а також окреслено проблеми і перспективи подальшого розвитку цього напрямку.

Сільське господарство стикається з низкою викликів, які стимулюють пошук інноваційних рішень. Однією з головних проблем є дефіцит робочої сили в польових роботах. Сезонні роботи з прополювання та збирання врожаю стають все менш привабливими, а вартість найманої праці зростає. Як відзначають фермери, щороку трудові та паливні витрати зростають, і нестача працівників змушує шукати альтернативи. Другою проблемою є необхідність підвищення продуктивності на тлі зростання попиту на продукти харчування. За прогнозами, до 2050 року світове населення сягне 10 млрд, що потребуватиме збільшення виробництва продовольства на 50% [2]. Досягти цього на обмежених землях традиційними методами складно без автоматизації процесів.

Наступний аспект – довкіллєві та агротехнічні виклики. Інтенсивне землеробство стикається з виснаженням ґрунтів, забрудненням від надмірного використання пестицидів та гербіцидів, а також потребою зменшити викиди CO_2. Велика механізація (важкі трактори, обприскувачі) призводить до ущільнення ґрунту й зайвих витрат пального. Роботизовані засоби можуть запропонувати більш делікатні та точні операції, наприклад, дрібні автономні роботи менше ущільнюють ґрунт і можуть працювати електрично без викидів. Точне внесення добрив і засобів захисту рослин за допомогою роботів здатне радикально скоротити використання хімікатів. Так, експериментальні системи точкового обприскування бур’янів скорочують обсяг гербіцидів до 90% порівняно з суцільною обробкою. Це не лише економія коштів, а й менше навантаження на екосистему.

Отже, постановка проблеми полягає в тому, щоб знайти шляхи автоматизації ключових операцій у рослинництві – від обробітку ґрунту,

сівби, догляду за посівами до збору врожаю – з метою підвищення ефективності, зниження витрат і мінімізації шкоди довкіллю. Розв'язання цієї проблеми бачиться у впровадженні робототехнічних засобів різного призначення, здатних автономно або з мінімальним контролем виконувати рутинні та ресурсоємні завдання в полі.

Робототехніка в рослинництві активно розвивається в останні десятиліття, і сьогодні доступний широкий спектр рішень – від невеликих роботів-«агрономів» до повнорозмірних автономних тракторів. Нижче розглянемо основні типи роботизованих засобів та конкретні приклади, що вже застосовуються на практиці.

Серед перших успішних польових роботів – данський FarmDroid FD20 (рис. 3), призначений для автоматичного висіву та прополювання дрібнонасіннєвих культур (наприклад, цукрових буряків). Це автономна платформа на сонячних батареях, яка записує точне розташування насіння під час посіву за сигналами GPS, а згодом механічно виполює бур'яни як міжрядно, так і в рядках

Рис. 1. Польовий робот FarmDroid FD20.

Робот рухається з невеликою швидкістю, але дуже точно. FarmDroid FD20 важить близько 800 кг і живиться на 100% від сонячної енергії, завдяки чому не потребує пального. Чотири панелі забезпечують заряд двох батарей ємністю ~1,6 кВт·год, чого вистачає на цілий день роботи в сонячну погоду. На одному заряді FD20 обробляє кілька гектарів, рухаючись зі швидкістю до ~0,95 км/год (≈950 м/год). За рік робот може напрацювати понад 1000 годин без значних витрат – реальний фермерський досвід у Франції показав, що річні витрати на обслуговування складають близько €700, при закупівельній ціні ≈€95 тис.. Фермер Дем'єн Блондел, одним із перших купивши FarmDroid у 2021 році, зміг за один сезон зекономити на ручній праці й паливі стільки, що інвестиція фактично окупилася. Наразі у світі продано вже понад 250 таких роботів і він вважається одним з найуспішніших польових агроботів у Європі [3].

Інший цікавий приклад сівалочного робота – данський проект Fendt Xaver (рис. 2), де замість однієї великої машини використовують роя декількох невеликих роботів-сіялок, що координовано висівають кукурудзу. Це концепція масового паралелізму: десяток компактних роботів можуть одночасно працювати на полі, забезпечуючи продуктивність великого трактора, але без ущільнення ґрунту. Схожий підхід розробляє і японська Yanmar – автономні електросівалки для рисових полів. Хоча такі системи ще експериментальні, вони демонструють перспективи swarm-робототехніки у рослинництві.

Рис. 2. Агроробот Fendt Xaver.

Найбільший сегмент аграрних роботів сьогодні – це установки для автоматичного видалення бур'янів, адже ручне прополювання є трудомістким, а хімічна боротьба – шкідливою та дорогою. Більшість сучасних польових роботів – це колісні або гусеничні платформи з електроприводом, оснащені камерами та змінними знаряддями для механічного або точкового хімічного знищення бур'янів [1]. Згідно з оглядом, переважають 4-колісні роботи без маніпуляторів, що здійснюють прополювання за допомогою камерного зору та алгоритмів штучного інтелекту [1].

Одним із піонерів є французька компанія Naïo Technologies, що вже продала сотні невеликих роботів-прополювачів фермерам. Її робот Oz (рис. 3) призначений для овочевих господарств і дрібних фермерів. Naïo Oz – компактний чотириколісний електроробот масою ~150 кг, здатний працювати до 8 годин автономно від акумулятора. Він обладнаний RTK-GPS навігацією для високої точності (відхилення до 2,5 см) і може виконувати різні завдання завдяки змінному навісному обладнанню: культивувати ґрунт, прорізати борозни, сіяти та механічно виполювати бур'яни в рядках і між рядками. Вантажопідйомність триточкового навісу Oz становить 60 кг – цього достатньо для встановлення невеликої сівалки або прополочного агрегату. Робот рухається зі швидкістю кілька км/год і обладнаний камерами та датчиками безпеки (лидар), що дозволяють йому

зупинятися перед перешкодами. Продуктивність Oz залежить від ширини захвату знаряддя (максимум 1 м) – за 8 годин він може обробити кілька гектарів (до ~2–3 га, залежно від культури). Ще у 2019 році Naïo відзначала продаж сотого робота Oz, що свідчить про його успішну експлуатацію

Рис. 3. Робот Oz.

Для більших полів Naïo створила робот Dino – ширшу та потужнішу платформу для прополювання овочів (салатів, капусти тощо) на грядках завширшки 1,6–1,8 м. Dino важить ~800 кг, має батарею на 8–10 годин і здатен виполювати бур'яни на 5–8 га за день, замінюючи бригаду з 6–8 робітників. Спеціально для виноградників розроблено високий робот Ted від Naïo – він їздить над рядами винограду, механічно обробляючи міжряддя. Ted електричний, але досить масивний (вага ~1,9.т), здатен працювати на схилах виноградників автономно протягом цілого дня.

Ще одна французька новинка – Orio, універсальний робот-тягач для овочівництва, презентований у 2023 році, що може тягнути більші агрегати. Таким чином, лінійка Naïo покриває потреби як невеликих ферм, так і середніх господарств.

Рис. 4. Робот Dino.

Не лише французи розвивають цю сферу. У США стартап FarmWise випустив роботизований прополювач Titan, який за допомогою

комп'ютерного зору вирізняє молоді рослини овочевих культур та підрізає бур'яни поруч із ними. У Каліфорнії такі машини вже працюють на полях салату та капусти, допомагаючи фермерам подолати дефіцит робочих рук. Швейцарська компанія ecoRobotix створила унікального робота-стола AVO: він рухається на сонячних батареях по полю і прицільно розпилює мікродози гербіциду прямо на листя бур'янів, визначаючи їх через камери. Це дозволяє зменшити використання хімікатів на ~90% і заощадити кошти. AVO здатний самотужки обробити кілька гектарів за день, працюючи повністю автономно. В Нідерландах компанія Odd.bot розробила робот Weed Whacker (проєкт "Muddy Machines") – невеликий електроробот, що механічно висапує бур'яни у рядках овочів. Він компактний і дешевший, задуманий як орендна послуга для органічних фермерів.

Рис. 5. Роботизований прополювач Titan.

Варто згадати і про лазерне випалювання бур'янів – цю технологію пропонує американська компанія Carbon Robotics. Їхній автономний робот оснащений потужними інфрачервоними лазерами та камерами AI: він проїжджає полем і точково випалює проростки бур'янів лазерним променем, не пошкоджуючи культурні рослини. За годину такий робот обробляє до 2 га, знищуючи тисячі бур'янів без жодної краплі хімікатів. Хоча коштує він дорого, інтерес до технології високий як екологічної альтернативи гербіцидам.

Ще один напрям – роботи-культиватори для міжрядного обробітку. Наприклад, французький Carré Anatis – автономний електроробот, що працює з навісною секцією культиватора. Anatis має 4 рушійні колеса, вагу ~800 кг, швидкість роботи ~4 км/год і здатен прополювати до 0,5 га за годину (тобто до ~4 га за 8 годин автономної роботи). Його акумулятор забезпечує ~8 год роботи, а висота кліренсу 65 см дозволяє працювати навіть у високих овочевих культурах. Робот оснащений двома камерами Claas для рядіного слідування і RTK-GPS для навігації по полю. Безпека

забезпечується сенсорами та лидарами, а у разі втрати сигналу чи помилки Anatis сам зупиняється і надсилає SMS оператору. Такий рівень технологій зробив його лауреатом конкурсу SIMA Innovation Awards.

Рис. 6. Роботи-культиватор. Carré Anatis.

Захист рослин – критична ділянка, де роботи теж знаходять застосування. Окрім згаданого ecoRobotix AVO, що точково кропить бур'яни, є й інші підходи. Все більшого поширення набувають безпілотні літальні апарати (дрони) для обприскування і внесення добрив. Наприклад, в Азії популярні дрони DJI Agras (рис. 7), здатні нести 10–20 л робочого розчину і автономно обприскувати рисові поля, сади тощо. В Україні також з'являються агродрони, що обробляють десятки гектарів на день, особливо ефективно на дрібних чи важкодоступних ділянках. Такі дрони оснащені системами автопілоту та радаром висоти, щоб триматися на стабільній відстані від рослин. Хоча один дрон покриває ~15–20 га за годину (з дозаправками), рой дронів може швидко обробити велике поле.

Рис. 7. Дрон DJI Agras.

Інший напрям – автономні наземні обприскувачі. Уже існують прототипи роботів, що самостійно пересуваються посівами і вибірково

обприскують хворі чи уражені шкідниками рослини. Наприклад, стартап Plantwise випробовує робота-розпилювача для теплиць, який за допомогою камер виявляє плями хвороб на листі і адресно наносить фунгіцид тільки на проблемні рослини. Подібні роботи можуть значно знизити витрати препаратів.

Варто згадати і про інтелектуальні обприскувачі на тракторах, які хоч і не є автономними роботами, але містять елементи робототехніки. Так, система SmartSprayer UX від AMAZONE (спільно з Bosch) використовує камери і AI для розпізнавання бур'янів «зелень-на-зелені» у посівах і включає форсунки тільки над бур'яном. Польові випробування показали, що така система зменшує використання гербіцидів до 70–90%. Це приклад, як роботизація поступово проникає і в традиційну техніку.

Провідні світові виробники сільгосптехніки працюють над створенням повністю автономних тракторів. У 2022 році компанія John Deere презентувала свій перший комерційний автономний трактор на базі моделі 8R. Цей 410-сильний трактор оснащений 6 парами стереокамер для кругового огляду та системою штучного інтелекту, яка розпізнає перешкоди і зупиняє машину у разі потреби. Трактор здатен самостійно орати поле з точністю до 2,5 см, використовуючи GPS-навігацію, і контролюється фермером через мобільний додаток. Фермер може запустити його, просто провівши пальцем по екрану смартфона, після чого трактор працює без оператора, а власник отримує онлайн-дані про виконану роботу. John Deere 8R Autonomous уже проходить випробування на фермах США і, як очікується, зможе виконувати обробіток ґрунту, посів і міжрядний обробіток без людини в кабіні. Подібні рішення розробляють і конкуренти: CNH (Case IH) показувала концепт автономного трактора Magnum, а New Holland – безпілотний трактор на базі T8.

Рис. 8. Комерційний автономний трактор на базі моделі 8R [2].

Паралельно виникають стартапи, що будують автономні платформи-"тяглові роботи". Наприклад, нідерландська AgXeed створила електричний

гусеничний робот AgBot потужністю ~156 к.с., здатний агрегатувати стандартне навісне обладнання (плуги, сівалки тощо). Цей AgBot має запас ходу ~8–12 год, вагою близько 6 тонн, але працює без водія. Данська AgroIntelli випускає автономний дизель-електричний модуль Robotti, який важить ~2800 кг і може тягнути 3-метрові прополочні секції або сівалки. Роботи-трактори на кшталт Robotti вже випробовуються в Європі – один робот може за день обробити 20–30 га залежно від операції, працюючи цілодобово з дозаправкою. Їх головна перевага – можливість працювати невтомно 24/7, тоді як людина обмежена робочим днем.

Автоматизація збору врожаю – чи не найскладніше завдання, адже вимагає маніпуляцій з кожним плодом чи качаном. Проте і тут є прогрес, особливо для трудомістких культур – фруктів та ягід. У теплицях та садах вже з'являються роботи-збирачі: вони за допомогою комп'ютерного зору визначають стиглі плоди і обережно зривають їх маніпулятором або іншим пристроєм.

Перші успішні приклади – роботи для збирання суниці (полуниці) в теплицях. Бельгійська компанія Octinion представила робота Rubion – автономний візок із роботизованою рукою, який пересувається між грядами суниці і зрізає ягоди без пошкоджень. Rubion використовує 3D-камери та нейромережі для пошуку стиглих ягід і м'який силіконовий захват, щоб обережно зривати їх кожні 3–5 секунд. На практиці робот наразі збирає 10–30 кг суниць за годину (близько 1 ягоди за 5 секунд). Це вже співставно з людською працею, адже один працівник збирає ~5 кг/год, отже робот замінює 2–3 людей. За день (16 годин роботи) один Rubion може зібрати до 11500 ягід (що відповідає 180–360 кг за зміну залежно від врожайності). Розробники підрахували, що 14 таких роботів здатні за тиждень зібрати всі суниці, що споживаються на турнірі Вімблдон (≈27 тонн). Цей приклад показує потенціал: роботи можуть працювати цілодобово, не втомлюються і забезпечують стабільний збір. Octinion також розробляє роботів для прогнозування врожаю (сканування й підрахунок ягід) та робота з UV-лампами для дезінфекції рослин від грибків уночі – все це інтегрується в єдину систему "розумної" теплиці.

Для садів розробляються інші рішення. Ізраїльський стартап Tevel створив унікальних літаючих роботів (рис. 9) FAR (Flying Autonomous Robot) – це квадрокоптери зі спеціальними маніпуляторами, що підлітають до дерева і зривають плоди (яблука, персики, сливи) прямо з гілок. Кілька дронів прив'язані довгим кабелем до автономної платформи-«бази», яка стоїть між деревами і забезпечує живлення. Дрони оснащені камерами, що оцінюють колір і розмір плодів, і зривають лише стиглі, залишаючи недозрілі дозрівати. Випробування в садах Італії та Каліфорнії показали, що така система може працювати 24/7, збираючи фрукти хвилями максимальної стиглості. Хоча продуктивність поки поступається людській

бригаді, головна перевага – автономність і подолання браку сезонних працівників. В Іспанії та Італії також тестуються наземні роботи-зібрачі яблук (проекти FFRobotics, Halyoid), які мають кілька маніпуляторів для одночасного зривання кількох плодів. Для цитрусових у Японії створено робота з вакуумним всмоктувачем, що "втягуває" апельсини з гілки. А для виноградників компанія Harvest CROO Robotics (США) будує велику машину для збирання полуниці на відкритих плантаціях – з десятками роботизованих «рук», що збирають ягоди на грядці.

Рис. 9. Робот Tevel FAR для збирання фруктів.

Окремо слід відзначити автоматизацію в теплицях. Тут роботи можуть пересуватися по рейках або шляхах між рядами. Окрім згаданого робота для суниці, у теплицях з томатами використовують автоматизовані візки з робот-рукою для зрізання помідорів (проекти компаній MetoMotion в Ізраїлі та Dogtooth у Великобританії). Вони здатні зрізати помідори чи перці, складаючи їх у коробки. Також є роботи для догляду за рослинами – наприклад, голландський Priva Kompano для пасинкування огірків (обрізає бічні пагони). Такі роботи допомагають компенсувати нестачу робітників у тепличних господарствах.

Нарешті, частиною роботизованих засобів у рослинництві можна вважати системи автоматизації в вертикальних фермах або гідропонних теплицях, де маніпулятори переміщують лотки з рослинами, здійснюють посів та збір автоматично. Хоча це дещо інша галузь (Controlled Environment Agriculture), принцип той самий – зменшити ручну працю через роботизацію.

Робототехніка в агросекторі – один з ключових напрямків інновацій, і її розвиток обіцяє масштабні зміни в рослинництві. На основі аналізу

сучасних тенденцій можна окреслити кілька перспективних напрямів і очікувань:

1. Зростання різноманітності та доступності роботів. Очікується, що на ринку з'являтиметься все більше моделей роботів, пристосованих до різних культур і масштабів господарств. Якщо сьогодні налічується близько 20–30 комерційних моделей роботів для рослинництва, то за 5–10 років їх число може зрости у кілька разів. Роботи стануть доступнішими фінансово: виробники працюють над здешевленням сенсорів, акумуляторів та матеріалів, а також пропонують гнучкі моделі – наприклад, робот як послуга (фермер платить за гектар обробки роботом, не купуючи його повністю). Зі збільшенням виробництва ціни неминуче знизяться, подібно до того як здешевшали безпілотники.

2. Покращення штучного інтелекту і комп'ютерного зору. Сучасні роботи вже використовують AI для розпізнавання культур та бур'янів, але цей процес ще далекий від досконалості (особливо у складних умовах: бур'яни, що схожі на культури, мінливе освітлення тощо). Нові алгоритми глибокого навчання та нейромережі, треновані на великих масивах агроданих, зроблять роботів «розумнішими». Вони зможуть точніше і швидше ідентифікувати об'єкти (рослини, плоди, шкідників), передбачати врожайність, діагностувати хвороби. Наприклад, вже зараз експериментальні роботи-розпилювачі вміють виявляти ознаки хвороб на листі з точністю понад 90%. У перспективі агроботи зможуть не лише виконувати механічні завдання, а й виступати як «польові діагности», збираючи дані про стан посівів, вологість ґрунту, наявність шкідників, і в режимі реального часу передавати їх фермеру.

3. Взаємодія та координація множинних роботів. Майбутнє рослинництва може передбачати цілі «floti» роботів на полі. Уже зараз є проекти, де декілька однакових роботів координовано сіють або прополюють (як згадана система Fendt Xaver з роєм міні-сіялок). Надалі розробляються системи координування, які дозволять різним роботам спільно працювати: наприклад, один робот сканує поле і виявляє проблемні зони, другий – таргетовано обприскує, третій – збирає врожай, і всі обмінюються інформацією. Для цього потрібні стандарти зв'язку і протоколи – такі напрацювання вже ведуться в межах концепції «розумних полів» (smart fields). Дрони можуть стати «очима зверху» для наземних роботів, передаючи їм координати бур'янів або стиглих плодів. Взаємодія між роботами підвищить надійність: якщо один вийде з ладу, інші продовжать роботу.

4. Збільшення тривалості автономної роботи та енергетична ефективність. Тривалість роботи від акумулятора – поки що обмежувальний фактор для багатьох роботів. Однак розвиток акумуляторних технологій (літій-іонні з більшою ємністю, твердотільні батареї) та впровадження

сонячної підзарядки (як у FarmDroid) можуть значно продовжити час автономної роботи. Вже з'являються роботи, що здатні працювати цілу добу з проміжною підзарядкою або заміною батарей (деякі моделі мають змінні акумуляторні блоки, які можна швидко поміняти на полі). Також випробовуються роботи на водневих паливних елементах – наприклад, нідерландський eTrac використовує гібрид електрики та водню для збільшення тривалості роботи до 24–36 годин. Енергоефективність буде в центрі уваги: роботи навчаться переходити в режим енергозбереження, оптимізувати маршрути, використовувати рекуперацію енергії при гальмуванні тощо.

5. Інтеграція роботів у загальні цифрові платформи ферми. Роботизовані засоби стануть частиною єдиного інформаційного середовища господарства, збираючи і відправляючи дані до хмарних систем. Це дозволить фермерам бачити повну картину – від карти бур'янів до прогнозу врожайності – і приймати рішення на основі актуальних даних. Деякі сучасні роботи вже пропонують веб-інтерфейси або мобільні додатки, де можна задати завдання і стежити за прогресом (наприклад, застосунок John Deere Operations Center для автономного трактора, чи додаток FarmDroid для моніторингу робота на полі). У майбутньому ця інтеграція поглибиться: роботи зможуть автоматично отримувати завдання з програми управління господарством (наприклад, на основі аналізу супутникових знімків система вирішить відправити робота на конкретну ділянку для обробки). Також наголос робиться на моніторингу якості виконання – роботи передаватимуть фотозвіт виконаної роботи, щоб агроном міг переконатися, що, скажімо, всі бур'яни видалені.

6. Подолання нормативних і соціальних бар'єрів. У перспективі 5–10 років очікуються зміни в регуляторному полі, які полегшать використання автономних машин на практиці. В ЄС уже прийнято новий Регламент Машин 2023/1230, що з 2027 року вводить окреме поняття автономної сільгосптехніки і вимоги до її сертифікації. Це створює правові рамки для виходу робототехніки на широкий ринок. Ще одним викликом є соціальне сприйняття: працівники можуть побоюватися втрати роботи через роботи, або фермери – не довіряти безпілотним машинам. Але історично автоматика створює і нові робочі місця – операторів, сервісних інженерів тощо. Освіта і демонстрація успішних кейсів будуть важливими для прийняття технологій. З часом, коли фермери побачать реальну користь (економію коштів, вирішення проблеми робочої сили, підвищення врожайності), поширення роботів прискориться.

Отже, найближче десятиліття може стати переломним: роботи перейдуть із дослідних зразків у масове застосування на фермах. Аналітики прогнозують стрімке зростання ринку агророботів – за оцінками, його обсяг у світі збільшиться з ~$13 млрд у 2023 році до $85 млрд у 2033 році

(середньорічний ріст ~20%). Це підтверджує високі очікування і інвестиції в галузь.

Робототехнічні засоби в рослинництві вже сьогодні переходять з площини експериментів у реальний аграрний виробничий процес. Проведений аналіз показав, що існує широкий спектр роботів для різних стадій рослинництва: від сівби і прополювання до збирання врожаю. Найбільш поширеними нині є роботи-прополювачі, які допомагають боротися з бур'янами точніше та екологічніше, а також автономні платформи для польових робіт. Успішні приклади – FarmDroid FD20, Naïo Oz/Dino, Carré Anatis, що вже працюють на полях Європи, скорочуючи витрати ручної праці та гербіцидів. Збір врожаю роботами поки що в початковій стадії, але досягнення у збиранні суниці, яблук та інших трудомістких культур вказують на неминучий прогрес і в цьому напрямі.

Основні переваги роботизації рослинництва включають: зменшення залежності від людської праці (особливо сезонної), підвищення точності і своєчасності агротехнічних операцій, зниження ресурсоємності (пального, води, хімікатів) та стабільність якості виконання робіт. Роботи можуть працювати вночі, за будь-якої погоди і повторювати завдання з однаковою якістю, що людському фактору не завжди під силу. Крім того, легкі автономні машини менше шкодять ґрунту та біогеоценозам, сприяючи сталому землеробству.

Водночас, існують і виклики: висока початкова вартість придбання роботів стримує їх масове впровадження; необхідність навчання персоналу новим навичкам (робота з програмним забезпеченням, технічне обслуговування); питання надійності та ремонту в полі (робот має працювати безвідмовно, адже поломка у сезон може дорого коштувати); а також нормативні аспекти – забезпечення безпеки на полі поруч з людьми та технікою, відповідальність у разі збою тощо. Проте поступово ці бар'єри знижуються: технології дешевшають і стають надійнішими, з'являються сервіси підтримки, вдосконалюється законодавство.

Перспективи розвитку робототехнічних засобів в рослинництві є надзвичайно широкими. Можна очікувати, що в недалекому майбутньому типовим явищем стануть «розумні» поля, де рій спеціалізованих роботів спільно виконує всі польові операції, а фермер виступає більше як оператор-наглядач і аналітик, приймаючи рішення на основі даних, що надають роботи. Така трансформація відповідає концепції Agriculture 4.0, де цифровізація та автоматизація докорінно підвищують продуктивність і сталість агровиробництва. Україна, маючи значний аграрний потенціал, також поступово долучається до цього тренду – вже з'являються перші приклади використання роботів на вітчизняних полях, організовуються демонстрації та випробування. Надалі важливо інвестувати в освіту аграріїв, випробування техніки в локальних умовах та розвиток сервісної

інфраструктури, щоб робототехніка стала масовим явищем і у нашому сільському господарстві.

Список використаних джерел

1. Spagnuolo Todde G., Caria M., Furnitto N., Schillaci G., Failla S. Agricultural Robotics: A Technical Review Addressing Challenges in Sustainable Crop Production. Robotics 2025, 14(2), 9; https://doi.org/10.3390/robotics14020009.

2. John Deere Reveals Fully Autonomous Tractor at CES 2022. URL: https://www.deere.com/en.

3. Guillaumot M. FarmDroid FD20 окупився фермеру за один сезон. URL: https://surl.li/xdpcan.

4. Офіційний сайт компанії Naïo Technologies URL: naio-technologies.com.

УДК 631.313.3:621.785.6

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ І ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОГО РЕСУРСУ

Ільченко А.В., Лисюк О.А., Смик В.С.
Поліський національний університет

Питанням розроблення технологій відновлення та підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних знарядь присвячені роботи Костецького Б. І., Борака К.В., Ауліна В.В., Richardson R. C. D., Moore M. A. та інші. Під час відновлення робочих органів ґрунтообробних знарядь, з урахуванням величини зношування, найчастіше видаляють їхню гранично зношену різальну лезову частину та на її місце приварюють нову різальну-лезову частину, форма і розміри якої відтворюють зношену ділянку. Ця технологія детально описана в багатьох роботах провідних учених [1]. Як матеріал для нових різальних-лезових частин використовують стрічковий прокат зі сталей 65Г, 30ГР, 40ГР, 60С2, 50ХГА, 60СА, який у разі потреби піддають термічній обробці. У окремих випадках для виготовлення нових різальних-лезових частин застосовують листи ресор, що втратили свою пружність, але зберегли досить високі показники твердості (43…45 HRC).

Для підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних знарядь розроблено та застосовується велика кількість способів нанесення на їхні різальні-лезові частини зносостійких покриттів. Найбільш поширеними серед них є способи наплавлення (табл. 1).

Таблиця 1

Технології наплавлення, що використовуються для підвищення зносостійкості різальних-лезових частин робочих органів ґрунтообробних знарядь

Вид наплавлення	Твердість покриття, HRC	Матеріали	Коефіцієнт збільшення зносостійкості
1. Дугове	55…62	Електроди ЦН-29, Т- 590, Т-620, ОЗН-6, ЭН- ИТС-01	1,5…2,2
2. Індукційне	60…67	Твердосплавні порошки ПГ-С1, ПГ- С27, ПГ-УС25, ПС-14- 60, ПГС-27М, ПС-6	1,6…2,0
3. Порошковими дротами	56…65	Дріт ПП-АН-123, ПП-АН-125, ПП-АН- 170 або полоси ЛС-У10Х7ГР	1,5..2,0
4. Наплавлення армуванням	58…62	Електроди Т-590, НР-70, ОЗН-400М, Э46-МГ-ЭПС-4,0-УО, Э46А-УОНИ-13/45-4,0- У0	1,3…2,1
5. Наморожування	52..55	Порошкові сплави ПГ-С27, ПГ-01, ПГ- УС25, ПГ-ФБХ-6-2 або їх суміші	1,5-2,2
6. Лазерне	56…61	Порошковий сплав ФБХ-6-2	1,5-2,7
7 Напівавтоматичне вібродугове	55…60	Дріт зі сталі 65Г	1,4…1,8
8. Електродугове під шаром флюсу	57…61	Дроти оригінального складу на основі заліза, що містять як основні легуючі елементи Mn, Si, Al, Cr, Ni, Mo	2,4…3,1
9. Плазмове	64…69	Порошкові сплави ПГ-ФБХ-6-2 и ПР- ФБЮ-1-4 з добавками порошкового Al (2,5…3,4% по масі); ПГ-С27, карбід вольфрама, нанорозмірний Al_2O_3; порошки, отримані електроерозійним диспергуванням відходів твердих сплавів	1,5-2,8

Технології дугової, індукційної наплавки, наплавлення порошковими дротиками, наморожуванням, лазерною широко відомі та докладно

розглянуті у спеціальній літературі [1, 2, 3]. До їх основних недоліків слід віднести високу вартість і енергоємність устаткування, що використовується, його значні габаритні розміри і масу, а також значний тепловий вплив на матеріал зміцнюваного робочого органу, що призводить до істотних змін його структурного стану і фізико-механічних властивостей.

Технології наплавного армування застосовують для зміцнення широкої номенклатури робочих органів ґрунтообробних знарядь, і в цьому напрямі працює значна кількість учених.

Нині особливо гостро постає питання відновлення та підвищення ресурсу робочих органів закордонних ґрунтообробних знарядь, які масово постачалися до нашої країни протягом останніх 12…15 років. В Україні розроблено низку технологій, зокрема технологію відновлення та зміцнення плужних лемешів, що є одними з найдорожчих робочих органів плугів, шляхом застосування компенсувальних елементів зносу та наплавочного армування.

До загальних недоліків технологій наплавного армування можна віднести їхню високу трудомісткість, недостатньо високу продуктивність, необхідність дотримання точного взаємного розташування наплавлених валиків, які часто мають складну геометричну форму, що зумовлює потребу у використанні дорогого автоматизованого обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення, а також збільшення тягового опору через значну висоту наплавлених валиків.

У роботах [1, 2] для зміцнення робочих органів відносно невеликої товщини, насамперед відвалів плугів, і підвищення рівномірності їх зношування по всій робочій поверхні запропоновано використання напівавтоматичного вібродугового наплавлення найбільш навантажених зон відвалів. Наплавлення виконують присадним дротом марки 65Г діаметром 1,6 мм, при цьому сила струму становить 100…140 А.

Наплавлення проводять не з утворенням суцільного покриття, а формуванням на зміцнюваній поверхні окремих валиків або точок, вибір між якими залежить від того, яку зону відвалу потрібно зміцнити.Розроблена технологія дає змогу підвищити ресурс зміцнених відвалів у 1,4…1,8 раза.

До недоліків цієї технології можна віднести невисоку продуктивність і необхідність дотримання точного просторового розташування точок та валиків, що наносяться під час зміцнення.

Розроблено технології відновлення з подальшим зміцненням плазмовим наплавленням стрілчастих лап ґрунтообробних знарядь і доліт глибокорозпушувачів [1]. Наплавлення здійснюють при силі струму 190…230 А, швидкість наплавлення варіюється в межах 4,0…5,0 м/год, як плазмоутворюючий газ використовують аргон. Застосування цих

технологічних рішень дає змогу підвищити зносостійкість відновлених і зміцнених робочих органів у 2,1–2,5 раза.

До недоліків технологій плазмового наплавлення робочих органів ґрунтообробних знарядь належить використання дорогих плазмоутворюючих і транспортуючих газів, а також висока вартість порошкових сумішей, що застосовуються під час наплавлення, до складу яких входять карбід вольфраму та нанорозмірні компоненти.

Перспективи подальшого вдосконалення плазмово-порошкового наплавлення пов'язані з використанням порошкових матеріалів, отриманих із відходів твердих сплавів методом електроерозійного диспергування.

Використання таких порошків замість промислово виготовлених, що мають значну вартість, дає змогу забезпечити високі фізико-механічні властивості отриманих покриттів при значно нижчій собівартості. Під час використання для плазмово-порошкового наплавлення порошкового матеріалу, отриманого диспергуванням відходів твердого сплаву Т30К4 у дизельному паливі, ресурс зміцнених робочих органів (стрілчастих лап культиваторів) збільшується в середньому у 1,5 раза. До недоліків таких порошкових матеріалів слід віднести те, що вони «не завжди забезпечують високий ресурс зміцнених робочих органів, особливо під час їх експлуатації на супіщаних» [1] і легкосуглинкових ґрунтах.

Для підвищення ресурсу різальних-лезових частин відновлюваних робочих органів ґрунтообробних знарядь використовують електродугове наплавлення під шаром флюсу та наплавні дроти оригінального складу на основі заліза, що містять як основні легувальні елементи Mn, Si, Al, Cr, Ni, Mo [1]. Товщина наплавлених шарів становить 1,5…2,2 мм, наплавлення виконують суцільним шаром на всю ширину різальної-лезової частини, сила струму під час наплавлення – 160…220 А. Цей вид наплавлення забезпечує значне підвищення ресурсу зміцнених робочих органів, однак використання оригінальних дротів, які не виробляються серійно, поки що стримує його широке впровадження у ремонтне виробництво. Крім того, під час реалізації цієї технології має місце значне теплове навантаження на матеріал зміцнюваних робочих органів [1], унаслідок чого вони можуть деформуватися.

Окрім зазначених вище методів наплавлення, для зміцнення робочих органів ґрунтообробних знарядь у ремонтному виробництві відомі такі основні технології: активована дугова металізація, у тому числі з подальшим плазмовим оплавленням; електролітне борування; електроконтактне приварювання стрічки і порошків; використання накладних елементів і керамічних пластин, що закріплюються за допомогою клею або паянням; газополуменеве напилення з подальшим оплавленням порошковою сумішшю експериментального складу; плазмове напилення;

вібронауглецювання. Загальними недоліками вищезазначених способів зміцнення робочих органів є висока вартість обладнання та витратних матеріалів, що використовуються для зміцнення, невисока міцність зчеплення нанесених зміцнювальних покриттів, неможливість використання зміцнених робочих органів на ґрунтах із великою кількістю кам'янистих включень, а також підвищене тягове опір під час застосування керамічних пластин.

Нині перспективи суттєвого підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних знарядь слід пов'язувати насамперед із використанням композиційних матеріалів і покриттів, до яких належать і металокерамічні покриття.

Однією з сучасних, перспективних, доступних і ресурсоощадних виробничих технологій створення металокерамічних покриттів на різальних поверхнях робочих органів машин різного функціонального призначення є їхнє карбовібродугове зміцнення за допомогою вібруючого вугільного електрода.

Список використаних джерел

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. … д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

2. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.04 / Хмельниц. нац. ун-т. Хмельницький, 2015. 447 с.

3. Rabinowicz E., Dunn L. A., Russell P. G. A study of abrasive wear under three-body conditions. Wear. 1961. Vol. 4. P. 345–355. URL : https://doi.org/10.1016/0043-1648(61)90002-3.

УДК 621.891:621.785.6:631.372

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗОЛОТНИКОВИХ ПАР ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ

Савченко В.М., Міняйло І.В.
Поліський національний університет

Гідророзподільники, що надходять у ремонт, підлягають дефектації корпусу. Корпуси з тріщинами бракують, якщо тріщини проходять крізь внутрішні канали. Вибоїни на площинах прилягання верхньої та нижньої кришок корпусів не допускаються – їх усувають шліфуванням на плоскошліфувальному верстаті. За відсутності бракувальних ознак

основним дефектом, що потребує відновлення, є зношення отворів під золотники [1].

За незначного зношування отворів під золотники корпусів (менше 0,01 мм) їх поділяють на розмірні групи та відновлюють шляхом комплектування з подальшим доведенням спільно із золотником.

За значного зношування отворів під золотники корпусу (понад 0,01 мм) їхню геометричну форму відновлюють розточуванням, розгортанням із подальшим доведенням або алмазним хонінгуванням.

Доведення отворів корпусів виконують ручними притирами або на вертикально-доводильних верстатах із закріпленням притира в патроні. Спочатку здійснюють притирку пастою із зерном 30 мікрон. Для чистового доведення застосовують пасту із зерном 7 мікрон.

Діаметри поясочків відновлених отворів вимірюють пневматичним довгоміром або індикаторним нутроміром і поділяють отвори корпусів під золотники на 18 розмірних груп із кроком 0,004 мм. Відхилення геометричної форми не повинно перевищувати 0,004 мм.

Для операції розточування отворів із подальшим доведенням характерним є досить великий розкид діаметрів, які часто виходять за межі регламентованих розмірних груп. Крім того, якщо корсетність, що з'являється після розточування, не має помітного впливу на геометрію отвору, то на заключній операції доведення з'являється бочкоподібність, яка призводить до підвищеного зношування отворів під золотник.

Розгортання, у порівнянні з розточуванням, зменшує поле розсіювання розміру в кілька разів. Разом із покращенням геометрії отвору покращується і шорсткість обробленої поверхні, яка становить Ra=1,15 мкм. Подальше доведення додатково зменшує цей показник до Ra=0,15 мкм, проте збільшує поле розсіювання діаметра у 1,5 раза, при цьому спостерігається погіршення геометрії.

Найбільш доцільним під час відновлення геометрії отворів корпусів гідророзподільників є алмазне хонінгування. Воно виконується на вертикально-хонінгувальних верстатах у дві операції: попереднє хонінгування та остаточне хонінгування. Для попереднього хонінгування застосовують бруски з великою зернистістю, а для остаточного – відповідно з дрібною. Припуск на остаточне хонінгування становить 0,005–0,008 мм.

У результаті повного циклу хонінгування шорсткість оброблюваної поверхні досягає значень Ra=0,04 мкм [2]. Крім того, під час виконання цієї операції відпадає потреба у попередньому виправленні геометрії зношених отворів, що забезпечує суттєве підвищення точності обробки. Діапазон поля розсіювання діаметральних розмірів скорочується у 1,5 раза, а діапазон розсіювання овальності та конусності – у 2 рази порівняно з розгортанням. Таким чином, алмазне хонінгування за результатами більшості досліджень рекомендується як найбільш раціональна операція при відновленні отворів

корпусів гідророзподільників під золотники. Золотники гідророзподільника Р160, що надходять у ремонт підлягають дефектації.

Золотники з тріщинами, пробоїнами, значними задирками, скручуванням або короблениям бракують. За відсутності бракувальних ознак основним дефектом, що потребує усунення, є зношення поясків золотника.

За незначного зношення поясків (менше 0,01 мм) проводять їх шліфування на безцентрово-шліфувальних верстатах до повного усунення зносу, після чого здійснюють доведення та комплектування із відповідними отворами корпусу.

У випадках значного зношення робочих поясків (понад 0,01 мм) їх відновлюють нанесенням шару металу методами електроіскрової обробки, газового або дугового наплавлення, напиленням порошків і металів, а також електролітичними способами з подальшим шліфуванням і доведенням.

Доведення поділяється на чорнове та чистове. Чорнове доведення виконують пастою із зерном 30 мікрон на притирочних верстатах із чавунними розрізними притирами, на поверхню яких наносять пасту. Чистове доведення проводять аналогічно, але використовують пасту із зерном 7 мікрон.

Після чистового доведення золотники розподіляють на розмірні групи з інтервалом 0,004 мм і здійснюють комплектування методом селективного складання з корпусом гідророзподільника. При цьому золотники, що мають розміри поясків менші, ніж передбачено розмірними групами для виготовлення, направляють на відновлення шляхом нанесення шару металу.

Електроіскрову обробку виконують електродом із міді або з використанням зварювального дроту СВ08Г2С, з подальшою механічною обробкою, що включає лезову розгортку та доведення на чавунному притирі. Однак головним недоліком цього методу є невисокі фізико-механічні показники отриманого шару і, як наслідок, низький ресурс відновленого з’єднання.

Наплавлення виконують із використанням спеціальних наплавних електродів або наплавного дроту. Важливими недоліками наплавлення є низька продуктивність, нестабільна якість наплавленого шару (оскільки процес виконує робітник вручну), складні умови праці та недостатній захист плакувального металу від окиснення.

Під час проведення автоматичного дугового наплавлення можна уникнути зазначених вище недоліків, оскільки усувається вплив індивідуальної майстерності працівника. Цей спосіб широко застосовується для відновлення та виготовлення деталей тракторів і машин. Проте суттєвими недоліками, що обмежують його використання, є значне проплавлення та перемішування основного й плакувального металів, а також складність якісного замикання зварного шва під час наплавлення кільцевих деталей.

Останніми роками досить широкого поширення набули методи напилення порошків і металів на відновлювану поверхню. При цьому нанесений шар виявляє специфічні властивості. До числа найбільш перспективних способів належать електродугове, плазмове, газопорошкове та детонаційне напилення.

Електродугове напилення не потребує використання складного технологічного обладнання. Необхідний хімічний склад шару можна забезпечити підбором спеціальних дротів. За сили струму 750 А сталеве покриття утворюється зі швидкістю 36 кг/год, що робить цей спосіб досить продуктивним.

До недоліків цього методу належать перегрів і окиснення напилюваного матеріалу при низьких швидкостях подачі дроту, слабка адгезія нанесеного шару, висока пористість покриття тощо. Крім того, відбувається вигорання легувальних елементів унаслідок виділення значної кількості теплоти під час горіння дуги. Цей спосіб може бути ефективним при нанесенні покриттів на великі площі масивних деталей.

Плазмове напилення, у порівнянні з електродуговим має низку важливих переваг. Регулювання швидкості та температури плазмового струменя шляхом підбору конструкції плазмотрона та режимів напилення розширює діапазон застосовуваних матеріалів. Отримані покриття відзначаються високою щільністю та добрим зчепленням з основою. Проте відносно низька продуктивність, високий рівень шуму, інтенсивне ультрафіолетове випромінювання і складне технологічне обладнання – це недоліки, що обмежують широке використання цього способу.

Детонаційне напилення здійснюють за допомогою спеціалізованих гармат, у які послідовно подають вибухову суміш і напилюваний матеріал. Запалення вибухової суміші відбувається за допомогою іскри. Висока швидкість руху та сильний нагрів частинок забезпечують отримання щільного й міцного покриття. Напилення цим методом можливе лише на виробах, стійких до деформації під дією ударної хвилі, що виникає.

Через високий рівень шуму (до 140 дБ) процес напилення проводять у спеціальних камерах із подвійними стінами, а спостереження здійснюють через оглядове вікно. Цей метод є малопродуктивним і за показниками ергономічності практично не застосовується у ремонтному виробництві.

Електролітичне покриття на зношені пояски золотників наносять двома способами – залізненням і хромуванням. У зв’язку з тим, що електрохімічний еквівалент заліза становить 1,042 г/л·год, а хрому – 0,324 г/л·год, вихід струму при нанесенні покриття на основі заліза у 5 разів вищий, ніж при хромуванні. Тому як більш продуктивний і економічний метод залізнення є переважним. Під час залізнення можна отримати товщину шару покриття від 0,1 до 1,5 мм із початковою твердістю HV 406–495 одиниць.

Останнім часом найбільшого поширення набув метод залізнення у гарячих хлористих електролітах, температура яких досягає 70…90 °С. Цей процес детально описаний у літературі. Водночас процес відновлення зношених деталей методом залізнення має певні недоліки, що обмежують його застосування. До них належать низька мікротвердість та недостатня зносостійкість отриманих покриттів, що призводить до зниження ресурсу відновленого спряження. Рекомендовані склади електролітів для залізнення досить повно наведені у науковій літературі.

Спосіб відновлення хромуванням, на відміну від залізнення, дає змогу отримувати покриття, які за багатьма показниками, зокрема за зносостійкістю, перевищують серійний золотник. Для нанесення покриття використовують електроліти, основним компонентом яких є хромовий ангідрид. Такі покриття характеризуються високою твердістю – до HV 1000.

Водночас застосування цього способу обмежене через такі причини:

- в осадженому шарі хромового покриття наявні напруження розтягування, величина яких зростає зі збільшенням товщини шару, унаслідок чого виникають труднощі з отриманням якісного покриття завтовшки понад 0,05 мм;
- деталі, відновлені хромовим покриттям, мають погану приработуваність, що ускладнює процес селективного складання з подальшою припрацюванням золотника в корпусі гідророзподільника;
- процес хромування є дороговартісним через високу ціну хромового ангідриду та необхідність використання додаткових очисних споруд для нейтралізації хромовмісних відходів гальванічного виробництва.

Отже, процеси залізнення та хромування стосовно відновлення зношених деталей є достатньо простими й дозволяють отримувати якісні покриття з необхідними фізико-механічними властивостями, однак їх застосування обмежується наведеними вище недоліками.

У разі відновлення золотникової пари гідророзподільника Р160 особливе значення має товщина отримуваного покриття через значні зношування золотника та корпусу, які можуть досягати 0,2 мм. У зв’язку з цим спосіб хромування не може бути застосований для вирішення поставленого завдання, оскільки товщина покриття, що отримується цим методом, обмежена величиною 0,05–0,06 мм.

Останнім часом досить широкого поширення набув спосіб відновлення та зміцнення деталей композиційними електролітичними покриттями (КЕП) на основі заліза. На відміну від класичного електролітичного залізнення, цей метод передбачає внесення у електроліт залізнення дисперсних частинок.

Під час модифікації класичного залізнення дисперсними матеріалами покращуються фізико-механічні властивості отриманих покриттів, і головне – у кілька разів підвищуються їхня мікротвердість, зносостійкість, антифрикційні характеристики, термостійкість та корозійна стійкість.

Наведене вище дає підстави вважати, що застосування цього способу під час відновлення та зміцнення золотників гідророзподільника Р160 є цілком доцільним.

Отже, можна зробити висновок, що найбільш раціональними способами відновлення золотникової пари гідророзподільника Р160 є:

- для відновлення отворів корпусу під золотники – алмазне хонінгування;
- для відновлення та зміцнення поясків золотника – нанесення композиційного електролітичного покриття на основі заліза.

Список використаних джерел

1. Мельянцов П.Т. Додаткові показники ремонтопридатності гідравлічних трансмісій мобільних машин при технічному обслуговуванні і ремонті. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка, № 134. 2013 С. 44-51.

2. Martyak N. M. Annealing behavior of electroless nickel coatings. Metal Finish. 1994. Vol. 92, №6. P. 111-113.

УДК 631.171

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Вечера О.М., Теслюк Б.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Герман Ф.Д.
Ліцей «Інтелект»

Використання інформаційних технологій на виробництві і особливо в на підприємствах АПК є актуальним для переходу сільського господарства світу на більш продуктивний шлях. Сучасні інформаційні системи, як елементи аграрних технологій, створюються для отримання, зберігання й використання великих обсягів інформації в технологіях підготовки, сівби,догляду за культурами та збору урожайності з метою інтегрованого піходу до виконання кожної операції.

Ускладнення соціального, економічного та політичного життя, індустріального виробництва й зміна динаміки процесів у всіх сферах діяльності людини давно зумовили зріст знань і стимулювання розвитку нових засобів для задоволення інформаційних потреб, значущих для суспільства. Агропромисловий комплекс (АПК) характеризується складністю та комплексністю завдань для вирішення. Для забезпечення мінімальних витрат та оптимізації процесів виробництва сільськогосподарської продукції виникає необхідність використання нових

надбань науково-технічного прогресу - переходу до новітніх методів інформаційного забезпечення та управління сільським господарством і широкого застосування автоматизованих систем керування техніки та інформаційних технологій . У свою чергу стрімкий розвиток інформаційних технологій набуває характеру глобальної інформаційної революції в сільському господарстві, що слугує поштовхом до подальшого розвитку сучасного суспільства, в якому зсув цінностей відбувається саме в бік інформації. Це призводить до утворення єдиного інформаційного простору всюди, доступ до якого спрощується з розвитком інформаційних технологій (ІТ), систем телекомунікацій, сучасної матеріально-технічної бази.

Інформація в сучаснму світі є одним з найважливіших стратегічних і управлінських ресурсів, її виробництво та споживання складають необхідну основу ефективного функціонування і розвитку різних сфер суспільного життя, в тому числі економіки сільськогосподарського виробництва. Для отримання максимально високого врожаю інформація,така, як сукупність багатьох факторів - особливості оброблюваної культури і погодні умови, стан грунту, є центральною ланкою. Точні дані щодо росту та розвитку рослин відіграють роль під час планування, підкормки, поливу та інших заходів.

Для отримання якісної цифрової інформації перш за все необхідно провести збір даних, які є потенційним джерелом інформації. Термін "дані" походить від латинського слова "data" - факт. Дані - це результат фіксації, відображення інформації на якомусь матеріальному носії.

Дані – це відомості, отримані шляхом виміру або спостереження, логічних або арифметичних операцій і які представлені у формі що придатна для постійного зберігання, передачі й автоматизованої їх обробки.

Дані слугують лише вихідним матеріалом, аналізуючи який, можна отримати якісну продукцію. Проте слід розрізняти дані, як сукупність будь-яких різних відомостей, та інформацію як частину тих же чи інших відомостей, корисних за певних умов отримання їх.

Поняття "інформація" має доволі багато тлумачень і визначень. Так, у Законі України "Про інформацію" закріплено право громадян на інформацію та закладено правові основи інформаційної діяльності. Термін “інформація” визначено як "документовані або публічно оголошені відомості про події та явища, що відбуваються у суспільстві, державі, навколишньому природному середовищі". У різних теоріях і концепціях інформацію визначають з різних сторін, тому що саме через багатогранність це поняття краще за все тлумачити лише в контексті явищ або процесів, що розглядаються в даний момент.

Зупинимось на такому визначенні інформації, яке певною мірою відповідає сутності теми, що вивчається:

Інформація - це сукупність різноманітних знань і сигналів, відомостей, що є об'єктом збереження та передачі і перетворення.

Залежно від часу запиту і критеріїв, охоплення всіх видів інформації можна класифікувати таким чином:

- ретроспективна, поточна і перспективна;
- нормативна, фактична і додаткова, що є необхідними в плануванні та техніко-економічному обгрунтуванні тощо;
- тематична, галузева, бібліографічна, картографічна, аналітична, довідкова, концептуальна тощо.

Кожен вид інформації має якісно-кількісні характеристики (актуальність та новизна, надійність і обсяг), вартісні виміри, життєвий цикл. Атрибути та аспекти, характерні для інформації, визначають Гужва В.М. [1], В. Ситник [2], розмежовуючи означене поняття.

Властивості, які характерні в управлінській сфері сільського господарства, мають такий вигляд:

- інформація достовірна, якщо вона не спотворює істинного стану справ;
- інформація повна, якщо її кількості достатньо для розуміння і прийняття рішень;
- інформація чітка й зрозуміла, якщо вся вона виражена мовою, якою спілкуються ті, для кого вона призначена;
- цінність і якість інформації - це міра розширення та розвитку тезауруса під час прийняття його та інтерпретації повідомлення, міра зниження стану невизначеності економічного суб'єкта і міра просування до мети;
- адекватність інформації – це певний рівень відповідності, який створюється за допомогою цієї отриманої інформації та образу реального об'єкта або процесу чи явища тощо.

Для сучасного АПК інформація має виняткове значення, тому що будь-яка діяльність такого об'єкта базується на знаннях конкретної ситуації та життєвого циклу інформації, яка складається на ринку товарів або послуг, робочої сили і засобів виробництва, грошей тощо [3, 4].. Фахівці-агрономи, які пов'язані з конкретним управлінням в АПК, не можуть обходитись без вірогідної інформації (релевантної інформації, від англ. relevant- те, що стосується даної справи) при виробленні та прийнятті тих чи інших рішень.

Недостовірні ж дані мають негативний вплив на прийняття рішень, наприклад, щодо планування вирощування якоїсь культури. Це в свою чергу може призвести до значного зменшення валового продукту, який отримається.

Список використаних джерел

1. Гужва В.М. Інформаційні системи і технології на підприємствах: навч. посібник. -К.: КНЕУ, 2001.-400 с. ISBN 966-574-261-2

2. Ситник В.Ф. Системи підтримки прийняття рішень: [навч. посібник] / В.Ф. Ситник -К: КНЕУ, 2004.-614 с.

3. Гафіяк А.М. Вимоги до розробки сучасних геоінформаційних систем / А.М.Гафіяк, О.В. Фінагіна // Економіка і регіон: наук. вісн. – Полтава: ПолНТУ, 2012. – №5(23). – С. 81-85.

4. Тверезовська Н. Т. Інформаційні технології в агрономії : навч. посіб. / Н. Т. Тверезовська, А. В. Нєлєпова. – К. : «Центр учбової літератури», 2016. – 272 с

УДК 631.372:620.92

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Хмеленко А.М.
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливе без широкого використання техніки, експлуатація якої передбачає застосування значних обсягів мастильних матеріалів. У процесі роботи масел відбуваються фізико-хімічні зміни – окиснення, полімеризація, накопичення механічних домішок, води та паливних фракцій, що зумовлює втрату їх експлуатаційних властивостей.

Обсяг відпрацьованих масел у галузі АПК сягає 70–75% від загального споживання, і їх неконтрольоване потрапляння в навколишнє середовище становить значну екологічну небезпеку. Одним із найбільш раціональних шляхів поводження з відпрацьованими мастилами є їх регенерація з метою повторного використання.

Метою досліджень є підвищення ефективності технологічного процесу та вдосконалення обладнання для очищення відпрацьованих масел у сільськогосподарських підприємствах шляхом зниження енерговитрат та покращення контролю якості очищення.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- визначено напрямки підвищення ефективності технологічного процесу очищення масел;
- обґрунтовано раціональну модель енергоспоживання маслоочисної установки;
- встановлено залежності впливу конструктивних особливостей обладнання на ефективність очищення;

- розроблено алгоритм контролю технологічного процесу на основі фотометрії;
- проведено експериментальні дослідження вдосконаленої установки та оцінено її економічну ефективність.

Методи дослідження. У роботі використано аналітичні, експериментальні та математичні методи.

Теоретичні дослідження базувалися на аналізі літературних джерел і нормативної бази щодо технологій регенерації масел, а також на розробці моделі енергоспоживання установки.

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторії випробувань паливно-мастильних матеріалів Полтавського державного аграрного університету (Полтава). Для математичної обробки результатів застосовано програму Mathcad v.14.0.

Результати дослідження. Розроблено спрощену технологію очищення відпрацьованих масел, придатну для умов підприємств АПК. Процес включає нагрівання масла до 85-90°C, центрифугування для видалення механічних домішок і випаровування вологи, а також контроль якості очищення фотометричним методом.

На основі теоретичних досліджень встановлено залежності між об’ємом бака, потужністю нагрівача, наявністю теплоізоляції та енерговитратами установки.

Запропонована раціональна модель енергоспоживання дозволяє ще на етапі проектування визначити оптимальні параметри конструкції та мінімізувати витрати електроенергії.

Для контролю процесу очищення створено фотометричний пристрій, що визначає ступінь забрудненості масла за оптичними властивостями. Це дало змогу автоматизувати визначення моменту завершення очищення, уникнувши надмірних енерговитрат.

Випробування удосконаленої установки показали:

- зменшення енерговитрат на 15-20% порівняно зі звичайною установкою без теплоізоляції;
- підвищення якості очищення (зниження вмісту нерозчинних домішок до 0,05-0,07%);
- скорочення тривалості процесу на 10-12%;
- економічний ефект за рахунок повторного використання масла становить 40-70% від вартості свіжого мастила.

Висновки:

1. Визначено, що оптимізація параметрів конструкції маслоочисних установок (форма бака, теплоізоляція, потужність нагрівача) суттєво впливає на енергоефективність процесу.

2. Запропонована модель енергоспоживання дозволяє обґрунтовано проектувати установки для умов підприємств АПК.

3. Розроблений фотометричний метод контролю підвищує точність оцінки ступеня очищення та запобігає неефективному використанню енергії.

4. Удосконалена установка забезпечує якісну очистку масел, придатних для повторного використання у менш навантажених вузлах машин, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат і зменшенню екологічного навантаження.

Перспективи подальших досліджень. Передбачається оптимізація конструкції маслоочисних систем для роботи в автоматизованому режимі, розширення функцій контролю та адаптація розробленої технології до різних типів мастильних матеріалів, що використовуються в сільськогосподарській техніці.

Список використаних джерел

1. Korchak B., Grynyshyn O., Chervinskyy T., Nagurskyy A., Stadnik V. Integrated Regeneration Method for Used Mineral Motor Oils. *Chemistry & Chemical Technology*. 2021. Vol. 15, No 2. P. 239-246. https://doi.org/10.23939/chcht15.02.239

2. Барун М. В., Коверсун С. О., Бессмертна Д. О. Регенерація відпрацьованих мастильних матеріалів. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2024. № 105. С. 46-51. https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.105.1.46

3. Chuiuk R., Mushtruk M. Disposal of used oils as a prospective method of production of biodiesel. *Human and nation's health*. 2024. № 3. P. 18-34. https://doi.org/10.31548/humanhealth.3.2024.34

УДК 631.372:628.512

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МИТТЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Келемеш А.О.
Полтавський державний аграрний університет

Актуальність проблеми. Одним із ключових напрямів підвищення ефективності технічного сервісу сільськогосподарської техніки є вдосконалення технологічних процесів миття та очищення деталей при

технічному обслуговуванні й ремонті. Умови експлуатації вітчизняної техніки – висока запиленість, вологість, дія агресивних середовищ, залишки паливно-мастильних матеріалів та органічних речовин – зумовлюють інтенсивне забруднення поверхонь агрегатів і зниження їх ресурсу [1].

Недостатня ефективність мийки деталей призводить до зменшення міжремонтного ресурсу вузлів, збільшення трудомісткості дефектування, зниження якості збирання і точності з'єднань. При цьому традиційні мийні установки, що використовуються на підприємствах аграрного сектору України, часто не відповідають сучасним вимогам енергоефективності, екологічності та рівня автоматизації [2].

Удосконалення технології миття деталей з урахуванням нових підходів до активації мийних розчинів, повторного використання водних ресурсів і безпечних для довкілля мийних засобів є актуальним завданням технічного сервісу в агропромисловому комплексі.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – підвищення ефективності технологічного процесу миття деталей сільськогосподарської техніки за рахунок удосконалення методів активації мийного розчину, зниження енерговитрат і впливу на довкілля.

Для досягнення мети передбачалося вирішення таких **завдань**:

1. Провести аналіз існуючих способів миття деталей техніки та визначити їх недоліки в умовах сервісних підприємств України.
2. Теоретично обґрунтувати вплив різних способів активації мийного розчину (механічних коливань, ультразвуку, гідродинамічних потоків) на ступінь очищення поверхонь.
3. Експериментально визначити оптимальні параметри режимів миття для деталей різної конфігурації.
4. Розрахувати економічний ефект від упровадження вдосконаленого технологічного процесу.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єкт дослідження – технологічний процес очищення поверхонь деталей сільськогосподарської техніки в умовах сервісних підприємств агропромислового комплексу України.

Предмет дослідження – вплив способів активації мийного розчину на ступінь очищення поверхонь деталей та енергетичну ефективність процесу.

Методи дослідження. Під час роботи використано методи теоретичного аналізу, математичного моделювання та планування експерименту, методи регресійного аналізу та математичної статистики.

Лабораторні дослідження проводилися з використанням експериментальної установки з можливістю зміни способу активації мийного розчину (струминна, ультразвукова, коливальна). Ступінь

очищення оцінювали гравіметричним методом за зменшенням маси забруднень [3, 4].

Результати дослідження. Встановлено, що застосування механічної активації мийного розчину коливальним рухом корзини з деталями забезпечує підвищення ступеня очищення на 12-18 % порівняно з традиційним струминним методом. При цьому зменшуються витрати мийного розчину на 20-25 %, а час обробки скорочується на 15-20 %.

Удосконалений процес дає змогу знизити енергоємність операції миття на 10-12 %, що особливо важливо в умовах дефіциту енергоресурсів у сільському господарстві.

Запропонована технологія забезпечує стабільно високу якість очищення деталей незалежно від їх форми, знижує потребу у використанні токсичних синтетичних мийних засобів і сприяє замкненому циклу використання води у виробництві.

Практичне значення. Результати дослідження можуть бути використані при модернізації мийних дільниць ремонтних та сервісних підприємств агропромислового комплексу, під час проєктування нових енергоефективних мийних установок, а також у навчальному процесі закладів вищої освіти аграрного профілю.

Впровадження вдосконаленого процесу дозволяє зменшити собівартість ремонтних робіт, скоротити споживання води та енергії, підвищити якість сервісного обслуговування сільськогосподарської техніки.

Висновки:

1. Обґрунтовано актуальність підвищення ефективності процесів миття деталей техніки як важливої складової системи технічного сервісу.

2. Встановлено, що найбільш раціональним способом активації мийного розчину є коливальний режим, який забезпечує високу якість очищення при мінімальних витратах енергії.

3. Розроблено рекомендації щодо оптимізації параметрів процесу мийки, що дозволяє знизити енергоємність і підвищити екологічність технології.

4. Впровадження результатів дослідження на підприємствах АПК України сприятиме підвищенню конкурентоспроможності сервісних послуг та продовженню ресурсу сільськогосподарської техніки.

Список використаних джерел

1. ISO 16232:2018. Road vehicles – Cleanliness of components of fluid circuits. – Geneva: ISO, 2018.

2. Левчук О., Кузьмінський Р. Дослідження параметрів процесу миття деталей в ультразвуковій ванні. *Вісник Львівського національного*

університету природокористування. Серія Агроінженерні дослідження. 2021. №25. С. 57–62. https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.057

2. Барабаш Р.І. Підвищення ефективності технологічних процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ : дис… канд. тех. наук : 05.05.11 / Львівський національний аграрний університет. Львів, 2021. 218 с.

3. Селюк Д., Шевченко В. Система керування процесом ультразвукового очищення виробів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. Т. 345, № 6 (2). С. 129–134. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-345-6-20

УДК 629.3.019.3:629.113

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНОЇ ПІДВІСКИ

Куликівський В.Л., Бродовський Д.О.
Поліський національний університет

Система підресорювання в МЕЗ відіграє важливу роль у забезпеченні комфорту оператора, захисті від ударних навантажень і підтриманні стійкості під час руху по нерівній місцевості. Для поліпшення системи підресорювання застосовують кілька методів: використання більш ефективних амортизаторів, пневматичної підвіски, інтеграцію електронних систем керування підвіскою для автоматичної корекції коливань. Особливу увагу слід приділити демпфувальному елементу підвіски.

Застосування більш ефективних амортизаторів є одним із способів суттєвого вдосконалення системи підресорювання (СП). Основними завданнями амортизаторів є поглинання та розсіювання енергії, що виникає внаслідок нерівностей дороги, шляхом зменшення амплітуди коливань, які передаються на наступні конструктивні елементи. Правильно підібрані амортизатори забезпечують більш точне та плавне регулювання ходу підвіски, що сприяє підвищенню комфорту та стійкості МЕЗ.

Використання пневматичної підвіски є ще одним методом удосконалення СП. Пневматична підвіска ґрунтується на застосуванні повітряних пружин, які регулюються тиском повітря для підтримання оптимальної висоти підвіски та амортизації ударних навантажень. Така система дозволяє МЕС плавно адаптуватися до нерівностей дороги та зменшувати вплив ударних навантажень на конструкцію і оператора. Це особливо корисно під час роботи в умовах сильних вібрацій, наприклад, під час косіння трави або обробітку полів.

Інтеграція електронних систем керування є найсучаснішим підходом до вдосконалення СП. Електронні системи керування можуть включати датчики, контролери та виконавчі механізми, які автоматично регулюють хід підвіски на основі отриманої інформації про навантаження, швидкість та інші параметри. Це дозволяє системі підвіски швидко й точно реагувати на змінні дорожні умови та навантаження. Наприклад, якщо датчики виявляють значну нерівність дороги, контролер може активувати амортизатори для більш жорсткої роботи, що зменшує передавання коливань на МЕЗ. Такі електронні системи також можуть мати налаштування підвіски, які дають змогу оператору обирати оптимальні параметри залежно від умов роботи.

Активна підвіска – це різновид підвіски з бортовою системою керування, яка впливає на вертикальні переміщення осей відносно остова МЕЗ, на відміну від пасивної системи підресорювання, де застосовуються елементи з постійними пружно-демпфувальними характеристиками. Існують напівadaptive системи підресорювання, які змінюють жорсткість елементів, а також активні й адаптивні системи, що завдяки використанню приводів (гідравлічні циліндри, пневматичні елементи) дозволяють змінювати режими роботи відповідно до встановлених законів керування.

Ці технології дають змогу виробникам МЕЗ досягати вищої якості ходу та керованості завдяки тому, що під час проходження поворотів шини залишаються перпендикулярними до дороги, запобігається небажаному контакту рами із землею (особливо при подоланні нерівностей), а також покращується зчеплення з дорогою та стабільність керування. Бортовий комп’ютер визначає рух кузова за допомогою встановлених датчиків і, використовуючи отримані дані, керує роботою активної та напівактивної підвісок. Система практично усуває крен і зміну кута нахилу кузова в багатьох дорожніх ситуаціях, зокрема під час поворотів, розгону та гальмування. При використанні на комерційних ТЗ активна підвіска може також застосовуватися для тимчасового опускання або піднімання підлоги.

Адаптивна підвіска – це тип підвіски, яка автоматично змінює свої характеристики (адаптується) під час руху. Загальний вигляд наведено на рис. 1, узятому з відкритих джерел мережі Інтернет.

Рис. 1. Загальний вигляд адаптивної підвіски транспортного засобу.

Установлені датчики та перетворювачі дають змогу адаптивній системі підресорювання ефективно регулювати пружно-демпфувальні характеристики системи підресорювання МЕЗ безпосередньо під час руху. Система збирає такі вхідні параметри: швидкість руху МЕЗ, висоту нерівності, положення остова, параметри руху.

Встановлений електронний блок формує керуючий сигнал, взаємодіючи з виконавчими механізмами (гідравлічними або пневматичними). У результаті цього впливу досягаються оптимальні значення характеристик жорсткості та демпфування системи підресорювання для подолання нерівностей певної висоти. Як виконавчі механізми також можуть застосовуватися нейромережеві контролери.

Зазвичай система має кілька попередньо встановлених режимів роботи, що полегшують керування: жорсткий і комфортний режими.

Адаптивна підвіска зазвичай включає такі елементи:

- електронний блок керування підвіскою;
- регульовані стійки стабілізатора (рис. 2);
- активні (регульовані) стійки амортизаторів;
- датчики (прискорення кузова, нерівностей дороги, дорожнього просвіту та інші).

Розробники можуть застосовувати різні системи підвіски, проте загальний принцип їхньої роботи завжди залишається однаковим.

Рис. 2. Регульований стабілізатор поперечної стійкості.

Електронний блок керування – це елемент системи, який здійснює керування режимами роботи підвіски. Цей елемент аналізує інформацію, отриману від датчиків, або приймає сигнал від блока ручного керування, яким керує водій. Відповідно, у першому випадку регулювання відбувається автоматично, а в другому – у ручному режимі (рис. 3).

Даний елемент змінює ступінь жорсткості за сигналом від блока керування. Стабілізатори поперечної стійкості активуються під час маневрування. Адаптивна підвіска використовує цей компонент для зменшення кренів кузова. Сучасні системи керування підвіскою отримують, аналізують і передають сигнали до виконавчих механізмів за мілісекунди. Це дає змогу миттєво змінювати налаштування підвіски.

Рис. 3. Електронний блок керування з датчиками.

Амортизаційні стійки, як виконавчі механізми, бувають різних типів: з електромагнітним клапаном або магнітореологічною рідиною (рис. 4). Амортизатор з електромагнітним клапаном є пристроєм адаптивної системи підресорювання, у якому зміна пружно-демпфувальних характеристик відбувається за рахунок зміни прохідного перерізу каналів, через які рухається рідина, на відміну від звичайних амортизаторів, канали яких мають постійний переріз.

Рис. 4. Активний амортизатор із магнітореологічною рідиною.

В електромагнітному клапані відбувається вплив електричного струму на соленоїд, при якому створюється магнітне поле, що, у свою чергу, переміщує плунжер, відкриваючи або закриваючи клапан. Клапан може розташовуватися як у поршні, так і на корпусі та за частки секунди реагує на керуючий сигнал від блока. У магнітореологічному амортизаторі використовується рідина, що містить магнітні частинки, які під дією магнітного поля, створеного котушкою, утворюють ланцюжки, що суттєво впливають на в’язкість рідини й, відповідно, на опір переміщенню поршня. Швидкість регулювання пружно-демпфувальних характеристик у таких амортизаторах є дуже високою – до 2 мілісекунд, що перевищує швидкодію амортизаторів з електромагнітним клапаном. Перевагами амортизаторів із магнітореологічною рідиною є висока надійність системи, відсутність шуму, швидке регулювання та можливість автоматичної роботи.

Використання таких амортизаторів дає змогу виключити зі структури стабілізатори поперечної стійкості, проте амортизатори з магнітореологічною рідиною є відносно дорогим компонентом, що обмежує їх широке застосування. Альтернативою зазначеним амортизаторам є електромагнітні амортизатори, які мають можливість рекуперації енергії. Регулювання пружно-демпфувальних характеристик у таких амортизаторах здійснюється не за рахунок рідини, а за допомогою електромагнітних сил, завдяки чому ці системи відзначаються високою швидкодією та точним відгуком на керуючий сигнал.

Широкого поширення набули пневматичні підвіски зі змінним тиском, які також можуть використовуватися в адаптивних системах підресорювання. Основними компонентами таких систем є пневмоподушки на кожному колесі, що сприймають навантаження та мають можливість регулювання кліренсу залежно від тиску, який подається в пневмоелемент; компресор, який підтримує необхідний рівень тиску шляхом стравлювання або нагнітання повітря; повітряний ресивер, у якому міститься певна кількість стисненого повітря для системи; пневматичні магістралі й клапани; електронний блок керування; датчики (положення кузова, швидкості, кута повороту рульового колеса, нахилу, висоти нерівностей тощо). За допомогою пневматичних підвісок можливий широкий спектр впливів на системи підресорювання: зниження центру мас під час руху на великих швидкостях шляхом стравлювання повітря з пневмоелементів, що забезпечує кращу керованість; зміна дорожнього просвіту для підвищення прохідності; підтримання рівня кузова незалежно від розподілу ваги та завантаженості; зменшення кренів у поздовжній площині. Існують одноконтурні та двоконтурні системи, які забезпечують можливість керування пружно-демпфувальними характеристиками певної осі, а також чотириконтурні системи, що дозволяють регулювати роботу кожного з чотирьох пневмоелементів окремо.

Список використаних джерел

1. Дущенко В. В. Використання інтелектуальних матеріалів у вузлах систем підресорювання перспективних військових гусеничних і колісних машин. Військово-технічний збірник Національної академії сухопутних військ ім. гетьмана П. Сагайдачного. Львів. 2016. Вип. 14. С. 7– 13.

2. Böse H. Magnetorheological elastomers with high variability of their mechanical properties. 11th Conf. on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions. Journal of Physics. 2009. Series 149. pp. 51–57.

3. Gong X. L. Study of utilizable magnetorheological elastomers. International Journal of Modern Physics B. 2007. T. 21. № 28n29. pp. 4875–4882.

УДК 631.372:629.3.017.2

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

Грудовий Р.С., Брикуля В.А.
Поліський національний університет

Усі машинно-тракторні агрегати більшу частину своєї роботи виконують під час руху в прямолінійному напрямку [1]. При цьому відхилення від заданого курсу призводить до зниження продуктивності та якості виконаної роботи. У зв'язку з цим курсову стійкість слід розглядати як актуальний аспект під час проєктування нових і модернізації наявних тракторних агрегатів [1].

Під час руху будь-якого машинно-тракторного комплексу на нього з боку ґрунту діють зовнішні сили. І якщо силовий вплив з боку рушія забезпечує необхідний рух тракторного агрегату, то дія з боку робочого знаряддя часто його порушує та призводить до некерованого відхилення від заданого курсу [2]. Рух машинно-тракторного агрегату загалом являє собою сукупність керованого та некерованого рухів. Керований рух забезпечується оператором машини, тоді як некерований є наслідком дії зовнішніх сил з боку робочого знаряддя. У цьому випадку оператор машинно-тракторного агрегату змушений постійно коригувати керуючі дії.

Позацентрові сили з боку робочого знаряддя часто спостерігаються під час роботи будівельно-дорожньої техніки [2]. Класичним прикладом може слугувати робота автогрейдера під час укладання та розширення дорожнього полотна (рис. 1). У цьому випадку робоче знаряддя винесене убік, і сила опору, що діє на нього, здатна розвертати машину [1].

Рис. 1. Робота під час укладання та розширення дорожніх узбіч.

Некероване відхилення під дією зовнішніх сил з боку робочого знаряддя спостерігається також під час роботи землерийної техніки – наприклад, у бульдозера під час роботи з перекосом відвала (рис. 2), у

рихлильника та корчувальника за навантаження на крайній зуб, а також у екскаватора під час бокового зміщення стріли [1].

Рис. 2. Робота бульдозерного агрегату з перекосом відвала.

Поперечне зміщення зовнішнього навантаження створює розвертальний момент, здатний відхилити машину від заданої траєкторії [1]. Аналогічна ситуація спостерігається під час розчищення доріг від снігу. Через поворот відвала та нерівномірне накопичення сніжної маси результуюча зовнішня сила опору зміщується ближче до краю відвала (рис. 3.). Однак некероване відхилення від заданого курсу спостерігається не завжди й залежить від величини зовнішніх зсувних сил.

Рис. 3. Робота снігоочисного трактора з поворотним відвалом.

Питання курсової стійкості набувають найбільшої актуальності для тракторних агрегатів сільськогосподарського призначення, оскільки якісний обробіток ґрунту є першим кроком до отримання високого врожаю [1]. Наприклад, для збереження прямолінійного курсу руху під час роботи з оборотним плугом оператору доводиться коригувати напрям руху приблизно через кожні сто метрів шляху.

Сучасне землеробство включає різноманітні технології передпосівного обробітку ґрунту. Однак основним способом і досі залишається традиційна оранка відвальним плугом, яка становить 30–35% усіх енергетичних витрат у польоводстві [2]. Технологія з обертанням орного шару не лише підрізає та загортає бур’яни на глибину, недосяжну для проростання, але й забезпечує перемішування шарів ґрунту, захищає від

збудників інфекцій і позитивно впливає на подальший ріст і розвиток рослин [1].

Нормальна сила опору, що виникає на лемішній поверхні відвального плуга, відхиляється від повздовжньої осі трактора на кут 15…25°. Оскільки лінія її дії часто не проходить через центр мас тракторного агрегату, вона здатна відхиляти машину від заданого напрямку руху внаслідок виникнення розвертального моменту.

Крім того, невідповідність між шириною захвату плуга та шириною трактора зумовлює асиметричність плужних агрегатів, що додатково погіршує проблему курсової стійкості трактора (рис. 4).

Рис. 4. Трактор з лемішним плугом під час оранки.

Для збереження прямолінійного руху оператору доводиться постійно коригувати напрямок машини. У колісних тракторів вплив на кермо здійснюється 15–20 разів на кожні 100 метрів шляху. У гусеничних тракторів вплив на важіль керування фрикціоном відбувається через кожні 4–6 метрів ходу агрегату. Це призводить до підвищення втомлюваності оператора, зниження продуктивності роботи на 10–15% та збільшення зносу вузлів трансмісії.

Некероване відхилення може спостерігатися і під час роботи з роторним або дисковим плугом, оскільки воно зумовлене поворотом робочих органів відносно повздовжньої осі трактора (рис. 5).

Рис. 5. Трактор з роторним плугом.

Ще одним прикладом дії позацентрової зовнішньої сили з боку робочого знаряддя є сільськогосподарський трактор із консольною косаркою (рис. 6).

Рис. 6. Трактор із консольною косаркою.

Бокове зміщення косарки призводить до бокового зміщення сили опору робочого знаряддя, що може викликати відхилення траєкторії його руху. Для забезпечення необхідної якості роботи оператор тракторного агрегату змушений виконувати додаткові робочі проходи, щоб обробити пропущені ділянки. У свою чергу це призводить до додаткового переущільнення ґрунту, що негативно впливає на його якість.

Зменшення переущільнення ґрунту можливо досягти шляхом збільшення площі контакту рушія з поверхнею землі, що зумовлює широке застосування гусеничних рушіїв із цією метою. Наприклад, під час оранки – як найбільш енергоємної операції – використання гусеничної техніки є найдоцільнішим.

Таким чином, питання курсової стійкості руху є актуальними практично для всіх тракторних агрегатів. Порушення курсової стійкості призводить до необхідності постійного коригування управління машинно-тракторним агрегатом, що підвищує втомлюваність оператора, знижує продуктивність технологічного процесу та сприяє підвищеному зносу вузлів трансмісії Необхідність постійного контролю за збереженням заданого курсу машини ставить завдання розроблення систем керування, які компенсують дію зовнішніх сил. Для цього потрібно дослідити рух машинно-тракторного агрегату з урахуванням зовнішніх сил з боку робочих знарядь.

Список використаних джерел

1. Naderi-Boldaji M., Hossein Karparvarfard S., Azimi-Nejadian H. Investigation of the predictability of mouldboard plough draught from soil mechanical strength (cone index vs. shear strength) using finite element modelling. Volume 108, August 2023, Pages 21-31. https://doi.org/10.1016/j.jterra.2023.04.001.

2. Baikenzhe N., Tynybekov S., Kyrgyzbay B., Ashim K., Kamzanov N., Kozbagarov R., Influence of the cutting angle on the resistance of bulldozer working equipment blade burial when the machine is moving. Mechanical Engineering in Transport. Communications 27 (3) B 216 - B 224.

УДК 631

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІКИ, МІСЦЕ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ

Денисенко М.І.
ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»
Дев'ятко О.С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Випуск продукції виробником розкривається показником його діяльності через якість товару, адже саме остання виявляє його властивості в задоволенні потреби споживача. Близький є взаємозв'язок якості товару з твердженням щодо її технічного рівня через паралелі даних відносно технічної досконалості та базовими показниками.

Постановою складності у гарантуванні якості розподіляється залежно від етапу на якому виконують контроль по її управлінню. Згідно до нормативних вимог, сертифікація сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин здійснюється підпорядковано за видом діяльності:

- одиничний зразок продукції;
- партія однорідної продукції;
- продукція, що випускається серійно.

Застосування принципу системного підходу щодо управління якістю розкриває можливості практичного характеру впровадження виробником стандартів з перспективою підвищення конкурентоздатності продукції. Однак, наявність сертифікату на таку продукцію дозволяє споживачеві бути впевним в її об'єктивності.

Список використаних джерел

1. Можливості моделювання виробництва якісної техніки, роль стандартизації та сертифікації О Дев'ятко, Ю Яценко. Вісник Малинського фахового коледжу, с. 232-237

2. Physical and Chemical Processes in the Surface Layers of Metal Materials in Contact with an Oxidizing Environment Deviatko, O., Denisenko, M., Kanivets, N., Petrychenko, I., Holovatyuk, A. Lecture Notes in Mechanical Engineering Open source preview, 2025, pp. 410–422

УДК 621.314: 621.374: 621.9.048.4

СИНТЕЗ ТА ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЗАЛІЗА

Лопатько К.Г., Соснов В.С., Мручок М.Ю.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Існуючий рівень розвитку науки і технологій з багатьох причин змушений розглядати більш перспективні та актуальні наукові напрями, зокрема пов'язані з інтеграцією сучасних нанотехнологічних розробок у різні галузі, такі як приладобудування, мікро- та оптоелектроніка, хімічні технології та біотехнології.

На сьогоднішній день накопичено значний науковий потенціал за різними методами та способами одержання наноматеріалів відповідних металів та сплавів, цілеспрямованого створення матеріалів із заданими властивостями. Проводяться дослідження фізичних та хімічних властивостей наноматеріалів, показані позитивні результати застосування наноматеріалів та препаратів на їх основі у вказаних галузях. Разом з тим, є загальні характерні для нанорозмірного стану речовини особливості, які дозволяють реалізувати корисні властивості матеріалів, одночасно економити ресурси, що використовуються.

Фізико-хімічні властивості та реакційна здатність матеріалу в нанорозмірному стані викликає значний інтерес дослідників, оскільки нанорозмірний стан речовини характеризується істотною зміною та появою нових властивостей, що не притаманні речовині, яка перебуває в об'ємному стані. Специфіка наноструктурного стану речовини відображена в термодинамічних характеристиках, коли зі зменшенням розміру значно збільшується різниця між моделлю твердої фази, що прийнята в класичній термодинаміці. Поява метастабільної фази (гама-заліза) сприяє підвищенню активності ультрадисперсного заліза.

Для отримання наночастинок використовували електроіскровий метод, за режимами, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Електрофізичні параметри процесу синтезу наночастинок заліза

Напруга на електродах, В	Частота імпульсів, кГц	Ємність конденсатора, мкФ	Тривалість імпульсів, мксек	Опір камери, Ом	Електро-провідність дисперсійного середовища, мкС
50 … 100	0.1	25 … 50	10…30	0.1 … 1.5	50 … 100

Утворення плазмових каналів (рис. 1) між окремими залізними гранулами викликає випаровування порцій металу з наступною конденсацією парової фази та формуванню нанорозмірной фракції (рис. 2)

Рис. 1. Утворення плазмових каналів між гранулами заліза.

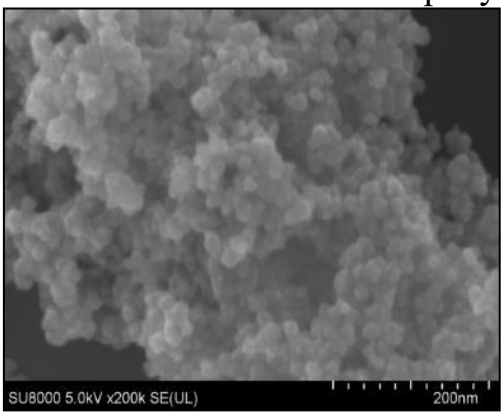


Рис. 2. Наночастинки заліза.

Використовуючи колоїдну форму наночастинок заліза, проводили модифікацію органічних та неорганічних дослідних середовищ, з метою керованого впливу на їх фізичні характеристики.

УДК 631

ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА СЕРТИФІКАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Денисенко М.І.
ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»
Дев'ятко О.С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно до визначення технічний контроль — це перевірка відповідності об'єкта (продукції або процесу, від якого залежить її якість) встановленим технічним вимогам [1].

Випробування сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин здійснюється

підпорядковано за видом діяльності згідно до технічного регламенту на відповідність для одиничного зразку продукції, партії однорідної продукції та продукції, що випускається серійно.

Передбаченими в загальному є заходи, щодо планування робіт з сертифікації, перевірки виробничих можливостей, випробування технічних засобів та аналіз за їх результатами відносно відповідності отриманих даних і в разі позитивної оцінки видають сертифікат затвердження типу, орієнтуючись залежно від схеми поширення сертифікації може бути наявний Технічний нагляд [2].

Шлях готової продукції до споживача, розкриває можливість появи втрати її першопочаткових параметрів, тому важливим атрибутом для виробника та постачальника є дотримання чітких вимог щодо її транспортування.

Список використаних джерел

1. Технічний контроль URL: Технічний контроль — Вікіпедія
2. Схеми сертифікації сільськогосподарських та лісогосподарських тракторів, їх причепів і змінних причіпних машин URL: sertification-scheme.pdf
3. Можливості моделювання виробництва якісної техніки, роль стандартизації та сертифікації О Дев’ятко, Ю Яценко. Вісник Малинського фахового коледжу, с. 232-237
4. Theoretical Prerequisites for Increasing the Durability and Service Life of Working Bodies of Tillage Machines Denisenko, M., Deviatko, O., Mushtruk, M., Kanivets, N., Tuziuk, M. Lecture Notes in Mechanical Engineering Open source preview, 2025, pp. 21–32

УДК 623.437.42

ГІБРИДНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ТРАКТОРИ: РЕАЛЬНІСТЬ ЧИ ПЕРСПЕКТИВА НАЙБЛИЖЧОГО МАЙБУТНЬОГО

Пономаренко О В.
Таращанський технічний та економіко-правовий фаховий коледж

Сучасне сільське господарство перебуває на етапі глибокої технологічної трансформації. Зростання цін на пальне, необхідність зменшення шкідливих викидів та підвищення ефективності виробництва спонукають виробників сільськогосподарської техніки до пошуку нових технічних рішень. Традиційні трактори з дизельними двигунами хоч і залишаються основою агропарків, проте створюють суттєве навантаження на екологію. З іншого боку, перехід на електричну та гібридну тягу

відкриває нові можливості для підвищення енергоефективності, зниження собівартості робіт і зменшення впливу на довкілля.

Світові тенденції розвитку машинобудування демонструють поступовий перехід від двигунів внутрішнього згоряння до електричних та гібридних систем. Німецька компанія Fendt представила електричний трактор e100 Vario, який став символом нового покоління енергоощадної техніки. Американська компанія Monarch створила безпілотний електротрактор, що здатен працювати автономно та підключатися до цифрових систем управління господарством. John Deere активно експериментує з концепціями автоматизації та електрифікації сільськогосподарських машин, впроваджуючи інтелектуальні системи управління енергоспоживанням.

В Україні дослідження у цьому напрямі лише набирають обертів. У наукових установах Національної академії аграрних наук України, Національного університету біоресурсів і природокористування та інших аграрних університетах вивчають можливості інтеграції електроприводів у трактори малої потужності, розробляють гібридні енергетичні установки та системи рекуперації енергії. Проте серійне виробництво таких машин ще не налагоджено, що пояснюється високою собівартістю компонентів і відсутністю зарядної інфраструктури.

Метою дослідження є аналіз сучасних технологічних рішень у сфері гібридних і електричних тракторів, оцінка їхніх техніко-економічних переваг і визначення перспектив масового впровадження таких машин у сільськогосподарське виробництво України.

Гібридні трактори поєднують двигун внутрішнього згоряння з електричним приводом, що дозволяє оптимізувати паливну ефективність. Залежно від режиму роботи вони забезпечують економію пального на 15–30 %, а також зменшують рівень шуму і викидів шкідливих газів. Електричні трактори працюють повністю на батарейній енергії, забезпечуючи нульовий рівень локальних викидів. Наприклад, Fendt e100 Vario має потужність 68 к.с. і запас автономної роботи близько 8 годин, що цілком достатньо для більшості щоденних сільськогосподарських операцій.

Переваги електротехніки у сільському господарстві включають зниження експлуатаційних витрат, зменшення шуму, відсутність потреби у мастильних матеріалах і можливість використання енергії від сонячних або вітрових електростанцій. Водночас існують і об’єктивні проблеми — висока ціна акумуляторів, обмежена автономність, недостатня кількість зарядних станцій у сільській місцевості. Для ефективного переходу до нової техніки необхідна державна підтримка, зокрема програми компенсації вартості та розвиток відповідної інфраструктури.

Окремої уваги заслуговують питання інтеграції таких тракторів у системи точного землеробства. Електротрактори можуть бути базою для безпілотних технологій: вони легко підключаються до GPS-навігації,

датчиків вологості та температури ґрунту, систем автоматичного дозування добрив і засобів захисту рослин. Це не лише підвищує ефективність агровиробництва, а й сприяє цифровізації галузі.

У перспективі очікується розширення ринку електротракторів середньої потужності, розвиток технологій швидкої зарядки та впровадження акумуляторів нового покоління з підвищеною щільністю енергії. В Україні реальні кроки у цьому напрямі можуть бути зроблені через локальне складання або адаптацію закордонних моделей під наші умови. Використання електротехніки на базі відновлюваних джерел енергії — це не лише шлях до енергонезалежності, а й важливий внесок у збереження довкілля.

Гібридні та електричні трактори поступово переходять із категорії експериментальної техніки до реальних інструментів сільськогосподарського виробництва. Вони забезпечують суттєву економію ресурсів, сприяють зменшенню викидів та створюють передумови для розвитку точного і сталого землеробства. Україна має значний потенціал для впровадження таких технологій, особливо у фермерських господарствах, які прагнуть поєднати економічну ефективність з екологічною відповідальністю. Очікується, що у найближчі 5–10 років електрифікація машинно-тракторного парку стане одним із головних напрямів модернізації аграрного сектору.

Список використаних джерел

1. Fendt e100 Vario – The Battery-Powered Tractor. – AGCO/Fendt, 2023. – Режим доступу: https://www.fendt.com

2. Monarch Tractor – The World’s First Fully Electric, Driver-Optional Tractor. – Monarch Tractor, 2024. – Режим доступу: https://www.monarchtractor.com

3. Погрібний С.І., Кравець В.Ф. Електрифікація сільського господарства: сучасні тенденції та перспективи. – Київ: НАУ, 2021. – 256 с.

4. Костенко М.М. Гібридні силові установки тракторів: теорія та практика застосування. // Наукові праці НУБіП України. – 2022. – № 5. – С. 88–94.

Секція
Транспортні технології та логістика

УДК 656.1:338.47

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖМІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ: МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Плекан У.М.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Ефективність суспільного виробництва в значній мірі визначається ефективністю використання транспортного засобу, оскільки від цього залежать продуктивність праці, собівартість перевезень, рівень прибутковості та рентабельності автотранспортних підприємств. Водночас відсутність єдиного універсального критерію обумовлює необхідність багатовимірного підходу до оцінки, який інтегрує техніко-експлуатаційні, економічні, екологічні та організаційні аспекти.

У сучасній науковій літературі проблематика оцінки ефективності вантажних автомобільних перевезень досліджується в контексті підвищення конкурентоспроможності транспортних підприємств, зниження собівартості та оптимізації логістичних процесів. Водночас питання інтеграції техніко-експлуатаційних, економічних, екологічних та організаційних аспектів у єдину систему оцінки залишаються відкритими, що зумовлює актуальність подальших розвідок у цьому напрямі.

Метою дослідження є формування комплексного підходу до оцінки ефективності міжміських вантажних перевезень, що поєднує методологічні інструменти багатокритеріального аналізу, непараметричні та параметричні методи оцінювання, а також забезпечується якісною інформаційною базою. Реалізація поставленої мети дозволить підвищити обґрунтованість управлінських рішень та сприятиме підвищенню конкурентоспроможності автотранспортних підприємств.

Ефективність міжміських вантажних перевезень доцільно розглядати як багатовимірне явище, що включає щонайменше такі виміри:

1. Техніко-експлуатаційний, що характеризує використання парку (коефіцієнт зайнятості, коефіцієнт пустих пробігів тощо).

2. Економічний, що відображає показники прибутковості по маршрут, рентабельності, собівартості на тонно-кілометр.

3. Операційний, що віддзеркалює пунктуальність, швидкість обороту, середній час завантаження/розвантаження.

4. Екологічний, що вказує на викиди CO_2 або інших шкідливих викидів на тонно-кілометр.

5. Соціальний і організаційний як індикатор якості умов праці водіїв і безпеки перевезень.

Кожен із вищезазначених вимірів вимагає окремих метричних індикаторів та методів оцінки.

Існує багато різноманітних методологічних підходів до оцінки ефективності міжміських вантажних перевезень.

Багатокритеріальний підхід ґрунтується на формуванні інтегрального індексу з нормалізованих показників. Нормалізація здійснюється методами *min–max* чи *z-score*, а вагові коефіцієнти визначаються експертними методами (AHP, Delphi) або статистичними техніками (PCA). Метою багатокритеріального підходу є формування інтегрального показника ефективності перевезень на основі сукупності нормалізованих метрик.

DEA (Data Envelopment Analysis) використовується як непараметричний метод для оцінювання ефективності підприємств чи маршрутів на основі множини вхідних та вихідних змінних. Може застосовуватися у *input-oriented* (мінімізація витрат) та *output-oriented* (максимізація результатів) варіантах. Метод простий у використанні, проте чутливий до вибору змінних і не розділяє випадковий шум від неефективності. Серед переваг методу слід відзначити відсутність необхідності у специфікації функції виробництва, наочність результатів та можливість виявлення «лідерів» ефективності. Обмеженням є висока чутливість до вибору змінних і неможливість відокремлення випадкового шуму від неефективності.

SFA (Stochastic Frontier Analysis) є параметричним підходом, що дозволяє відокремлювати випадкову складову від неефективності. Дає можливість тестувати статистичні гіпотези та враховувати вплив зовнішніх факторів, але потребує правильної специфікації функціональної форми. До переваг належить можливість статистичного тестування гіпотез, оцінювання впливу зовнішніх факторів і побудова економетрично обґрунтованих моделей.

Метою регресійного аналізу та панельних моделей є виявлення факторів, що зумовлюють рівень ефективності перевезень. Перевагами цих методів є глибший аналіз причинно-наслідкових зв’язків, можливість використання часових і просторових даних, а також контроль за незмінними властивостями об’єктів. Серед обмежень варто виділити потребу у великих масивах якісних даних і ризик мультиколінеарності чи ендогенності змінних.

Симуляційне моделювання та оптимізація дозволяють оцінювати ефект від впровадження нових логістичних стратегій, зміни маршрутів і графіків руху. Для цього застосовуються методи моделювання дискретних подій та алгоритми вирішення задач маршрутизації (VRP). Метою симуляційного моделювання та оптимізації маршрутів є оцінка потенціалу

підвищення ефективності за рахунок зміни логістики, графіків і схем руху. Його перевага полягає у здатності відтворювати складні динамічні процеси та прогнозувати результати управлінських рішень до їх практичного впровадження.

Щоб здійснити коректну та об'єктивну оцінку ефективності міжміських вантажних перевезень, надзвичайно важливо мати достатньо повну й деталізовану інформаційну базу. Оптимальним вважається період збору даних не менше шести, а краще дванадцяти місяців, оскільки саме такий часовий горизонт дозволяє врахувати сезонні коливання попиту, погодних умов та інтенсивності транспортних потоків.

У першу чергу необхідно використовувати маршрутні журнали, які містять інформацію про пройдені кілометри, перевезений вантаж і часові параметри виконання рейсів. Журнали дають змогу простежити фактичне навантаження транспортних засобів та визначити рівень їх використання.

Додатково цінними є дані GPS-трекінгу, адже вони забезпечують точну картину руху автомобілів: реальні пробіги, місця зупинок, час простою. Відомості особливо важливі для аналізу порожніх пробігів та оптимізації маршрутів. Не можна обійти увагою і фінансові показники. До останніх належать витрати на паливо, технічне обслуговування, амортизацію та заробітну плату персоналу. Саме ця складова дозволяє розрахувати собівартість перевезень та рентабельність діяльності.

Важливим джерелом інформації є й вантажні документи, які фіксують масу та обсяг перевезених вантажів. Вони потрібні для розрахунку продуктивності та коефіцієнтів завантаження транспортних засобів. Також слід враховувати технічні характеристики автопарку, такі як вантажопідйомність, вік транспортних засобів, паливну ефективність. Окрім внутрішніх показників, важливе значення мають зовнішні фактори: стан дорожньої інфраструктури, рівень тарифів на перевезення, погодні умови. Зазначені фактори безпосередньо впливають на ефективність, але не завжди контролюються самим перевізником. Формування якісної інформаційної бази є критичною умовою проведення будь-яких досліджень ефективності перевезень. Незважаючи на те, що існує багато різних методів і комплексних критеріїв оцінки економічної ефективності транспортних послуг — від багатокритеріальних індексів до DEA чи SFA — усі вони фактично зводяться до одного базового принципу, а саме зіставлення витрат і отриманого результату. В основі завжди лежить питання який обсяг ресурсів (час, паливо, гроші, трудові витрати) витратили і який корисний ефект (перевезений вантаж, кількість пасажирів, дохід, рівень сервісу) при цьому отримали. Методики відрізняються способом вимірювання і деталізацією.

Список використаних джерел

1. Ворнигора Р. В., Журавель І. Л., Єльнікова Л. О. Дослідження ефективності застосування контрейлерної технології перевезення вантажів в Україні. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2021. № 22.

2. Якушик І. Д., Мазур Ю. В. Методи оцінки ефективності вантажних перевізників. *Економічні горизонти*. 2021. № 1(16). С. 4–13. DOI: https://doi.org/10.31499/2616-5236.1(16).2021.240301.

3. Ganji S. S., Tirkolaee E. B., Jahed R. Evaluating the performance of intercity road freight transport: Double-frontier parallel network cross-efficiency model. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2024. Vol. 94. Article 101942. DOI: https://doi.org/10.1016/j.seps.2024.101942

УДК 656.025

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ І ПЕРЕХРЕСТЬ У МІСЬКІЙ ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Гевко І.Б., Гевко Б.Р., Навроцька Т.Д., П'єнтак М.Д.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Постановка проблеми. Основними причинами високої аварійності на регульованих перехрестях та пішохідних переходах є людський фактор і не завжди досконале регулювання дорожнього руху. Відтак у значній мірі залишається проблема із недостатніми заходами з розроблення та впровадження сучасних технологій пов'язаних із управлінням транспортних потоків. Це також в значній мірі стосується і ефективності регулювання автотрафіку, що при впровадженні цих технологій може дозволити мінімізувати нераціональні простої транспортних засобів. Відтак потреба у розробленні та впровадженні інтелектуальних автотранспортних систем, які в реальному часі матимуть можливість аналізувати і покращувати ситуацію на регульованих перехрестях та пішохідних переходах, є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень. Значне зростання кількості автотранспортних засобів в останні десятиліття забезпечило суттєве підвищення інтенсивності дорожнього руху, що, у свою чергу, призвело до його ускладнення та збільшення випадків дорожньо-транспортних пригод [1]. Тому значна кількість праць сучасних науковців була спрямована на дослідження руху на перехрестях, нерегульованих та регульованих переходах, застосування сенсорних систем та адаптивних світлофорних технологій [2-9].

Мета досліджень. Техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження інтелектуальних пішохідних переходів і перехресть.

Результати досліджень. Сучасні інженерні рішення, пов'язані із впровадженням розумних (інтелектуальних) пішохідних переходів і перехресть [5-9], є відповіддю на виклики урбанізації, зростання автомобілізації та необхідності підвищення безпеки в умовах інтенсивного

руху. Ефективність таких рішень полягає в їх здатності адаптуватися до реальних умов руху, автоматично змінювати режими світлофорного регулювання відповідно до кількості пішоходів і транспортних засобів, а також мінімізувати нераціональні простої, що виникають через традиційні циклічні системи регулювання. Очікуваний ефект від запровадження інноваційної інфраструктури умовно поділяється на три основні групи: соціальний, екологічний та економічний [10].

Економічна оцінка впровадження таких систем передбачає проведення спостереження за транспортними потоками і фіксації кількість автомобілів і тривалості їх простою на потенційних інтелектуальних переходах і перехрестях. Це дозволяє визначити величину чистої теперішньої їх вартості і визначити їх ефективність:

$$NPV_i = \left(\sum_{t=0}^{n} \left(\left(\frac{З_{пр}}{T_p} \cdot k_{пв} + \frac{A_p + B_{пу}}{T_{ео}} \right) \cdot_{\Delta} t \cdot n_1 \cdot n_2 \right) / (1+i)^t \right) - (З_1 + З_2),$$

де $З_{пр}$ – середньорічна з/п водіїв, грн.; T_p – робочий час водіїв за рік, год.;$k_{пв}$ – коефіцієнт, що врахує скорочення простою пасажирів і вантажів, $k_{пв}$ = 1…3; A_p – усереднені амортизаційні відрахування на транспортний засіб, грн.; $B_{пу}$ – усереднені річні витрати на паливо транспортного засобу, грн.; T_p – усереднений річний час експлуатації транспортного засобу, год.; $_{\Delta}t$ – усереднений час зменшення простою транспортного засобу, год.; n_1 – річна кількість спрацювань інтелектуальної системи, шт.; n_2 – середня кількість транспортних засобів, що простоюють одночасно на переході чи перехресті, шт.; i – ставка дисконту; t – номер року; n – термін служби системи, роки; $З_1$ – вартість закупівлі та монтажу інтелектуальної системи; $З_2$ – витрати на експлуатацію інтелектуальної системи протягом терміну служби.

Висновок. З урахуванням зазначеного можна стверджувати, що впровадження інтелектуальних засобів регулювання автодорожнього руху має вагоме значення у контексті підвищення його безпеки, зниження шкідливих викидів та оптимізації витрат.

Список використаних джерел

1. Ляшук О.Л., Міронов Д.В., Лисенко С.В., Гупка А.Б., Бодоряк Ю.Д., Статистичний аналіз дорожньо-транспортних пригод у Тернопільській області та заходи щодо зниження аварійності / Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч. II. С. 88-106.

2. Ляшук О.Л., Сташків М.Я., Цьонь О.П., Рожко Н.Я., Плекан У.М., Гевко Б.Р., Підвищення ефективності функціонування нерегульованого перехрестя з круговим рухом / Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч. I. С. 219-229.

3. Ренкас А.А., Руденко Д.В., Товарянський В.І., Підвищення ефективності функціонування перехресть з високоінтенсивними транспортними та пішохідними потоками / Вісник ЛДУБЖД. 2021. Вип. №23. С. 61-67.

4. Пономаренко Л.А. Управління нестаціонарними транспортними потоками на регульованих перехрестях : дис. … канд. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / Любов Анатоліївна Пономаренко. – К., 2006. – 145 с.

5. Сенсорний нерегульований пішохідний перехід : пат. 152286 Україна, МПК G08G 1/09. № u 202202157 ; опубл. 12.01.2023. Бюл. № 2.

6. Сенсорний регульований пішохідний перехід з розумним світлофором : пат. 155001 Україна, МПК E01F13/04. № u 202302464 ; опубл. 10.01.2024. Бюл. № 2/2024.

7. Регульоване перехрестя з розумним світлофором : пат. 157321 Україна, МПК: E01F9/00, E01F9/658,G08G1/095, G06V20/58. № u202400166 ; опубл. 02.10.2024. Бюл. № 40/2024.

8. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.

УДК 631.1: 338.3: 635.1

ІНСТРУМЕНТАРІЙ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАГОТІВЕЛЬНИМИ КАМПАНІЯМИ В ОВОЧІВНИЦТВІ

Степаненко С.П., Кудринецький Р.Б.
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

У дослідженні представлено вимоги до методу вирішення оперативного управління заготівельними кампаніями в овочівництві. В складних процесах оперативного управління заготівлі овочів, слід відмітити, що основне завдання не може бути вирішене виключно шляхом оптимізації перевезень за допомогою математичної моделі транспортної задачі або імітаційного моделювання. Це обґрунтовується кількома причинами [1-4]: По-перше, завдання, що розглядається, є не просто транспортним, а завданням оперативного управління ефективністю всієї кампанії із заготівлі овочів, як єдиної системи; По-друге, основний критерій - це не мінімізація транспортних витрат, а раціоналізація процесу в цілому. Це досягається шляхом узгодження виробничих інтересів всіх учасників «фермер - заготівельна компанія - споживач» з їхніми технічними можливостями, а саме: балансування обсягів і номенклатури вантажів; об'єднанням всіх процесів (збирання овочів, транспортування, заготівля) в єдиний потоковий конвеєр; визначення обсягів збирання овочів, вантажопотоків, розрахунок маршрутів, розподіл транспорту, розрахунок

місткості сховищ і їх розташування та синхронізація всіх операцій. Існують інші фактори, такі як часові рамки, інваріантність дорожньої мережі та велика кількість перевізників, які ускладнюють застосування виключно транспортних моделей.

Отже загальна концепція включає детальний опис процесів збирання, врахування інтересів усіх сторін та принципи планування. Ключовим елементом є модель об’єкта управління та схема всього процесу моделювання.

В рамках цієї моделі пропонується поточно-конвеєрний спосіб організації збиральних робіт із застосуванням потокових методів. На його основі розроблено математичну модель для оперативного управління збиранням і заготівлею овочів. Схема щоденного циклу управління системою представлена на рис.1.

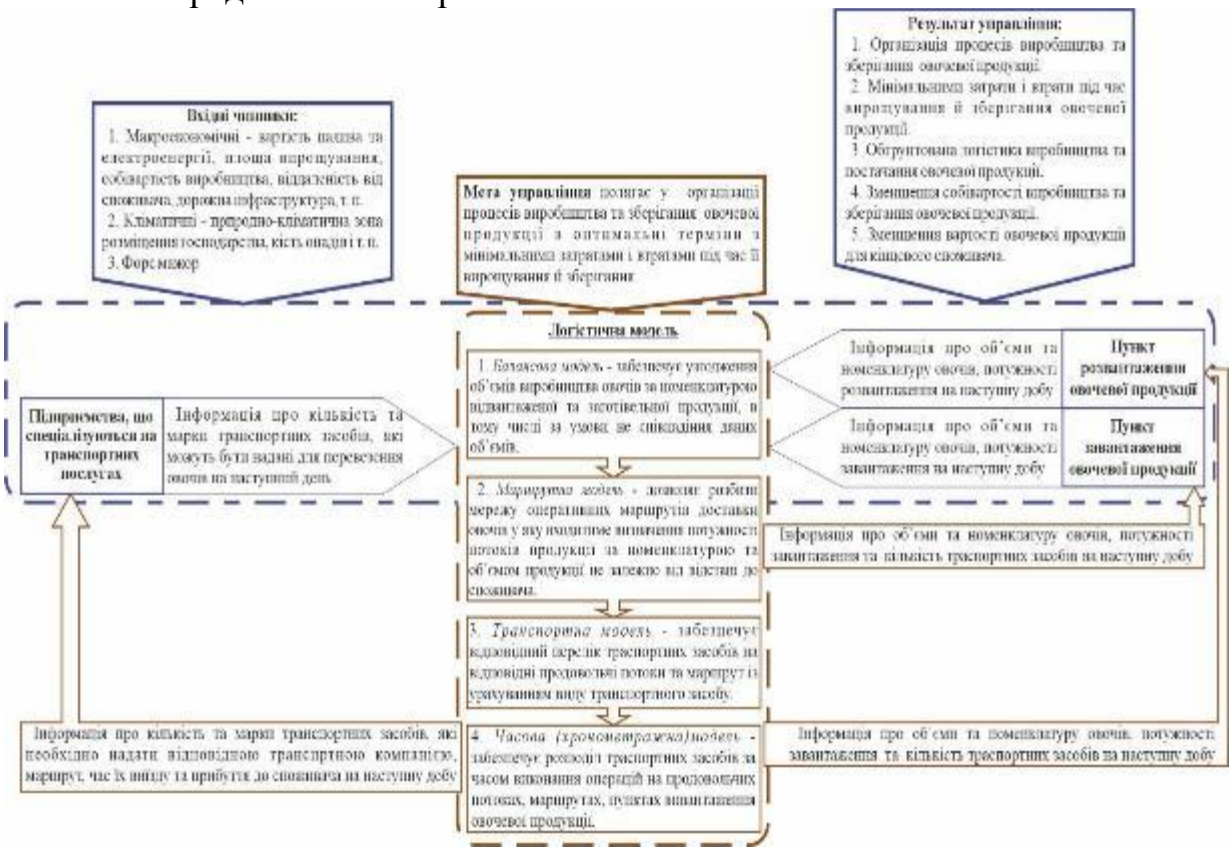


Рис. 1. Схема щоденного циклу управління системою заготівлі овочів.

Щоденний цикл управління, тобто центр оперативного управління, отримує актуальні дані від усіх підсистем: Пунктів завантаження; Пунктів розвантаження; Транспортних служб.

Використовуючи ці дані, комплексна математична модель послідовно обробляє інформацію за допомогою чотирьох окремих підмоделей: балансової, маршрутної, транспортної та часової. Це дозволяє вирішити завдання щохвилинного планування взаємодії між усіма учасниками процесу. В результаті, розробляються та видаються готові

плани для керівників і виконавців, що охоплюють наступну добу з урахуванням місць і часу виконання операцій збирання, завантаження, транспортування та розвантаження для різних видів овочів.

З погляду теорії автоматизованих систем управління, запропонована система є замкненою, або системою із зворотним зв'язком. Цей зв'язок забезпечується оперативною та достовірною інформацією про поточний стан об'єкта управління, який складається з трьох ієрархічних підсистем: відправників, одержувачів та перевізників.

Натомість, системи, що використовуються зараз, є розімкненими. Це означає, що вони не мають централізованого зворотного зв'язку та єдиного центру для прийняття змістовних рішень. Функція оперативного управління в таких системах часто делегується виконавцям на різних рівнях, які діють відповідно до власних нормативних документів. Транспортна задача є проміжним варіантом. Для транспортної підсистеми вона є замкненою (хоч і з неоптимальним критерієм), враховуючи лише її власні економічні інтереси. Однак для інших двох підсистем (пунктів завантаження і розвантаження овочів) вона залишається розімкненою, ігноруючи їх поточний стан та економічні інтереси.

Загалом, математична модель для заготівлі овочів в межах певної сировинної зони заготівельника може бути представлена як модель балансу обсягів. Вона вимагає, щоб обсяги продукції $V_i(p,t)$ певного виду овочів (p), що збираються і постачаються (i)-виробниками; обсяги, що приймаються і заготовлюються $V_n(p,t)$ заготівельником (n), а також обсяги $V_y(p,t)$, що перевозяться транспортними засобами (y), були ідентичними протягом певного часового інтервалу (t) (наприклад, за день, зміну або годину), наведено в математичній моделі балансу обсягів:

$$V_n(p,t) = \sum_{i=1}^{i} V_i(p,t) = \sum_{y=1}^{y} V_y(p,t)$$

де $V_i(p,t)$ - обсяг продукції p, зібраної та відправленої виробниками i за час t, тон; $V_n(p,t)$ - обсяг продукції p, прийнятої та заготовленої заготівельником n за час t, тон; $V_y(p,t)$ - обсяг продукції p, перевезеної транспортними засобами y за час t, тон.

Обсяг приймання $V_n(p,t)$ продукції певного виду p за час t залежить від кількох факторів, а саме: характеристики розвантажувальних терміналів, овочесховищ $V_s(p)$, т/год; їхньої кількості $N_s(p)$; рівнем завантаження обладнання $K_s(p)$, %; ці фактори дозволяють регулювати можливості приймання продукції.

$$V_n(p,t) = K_s(p) \cdot \sum_{N_s=1}^{N} V_s(p) \cdot t$$

Обсяги поставки $V_i(p,t)$ продукції виду p за час t у межах сировинної зони заготівельника залежать від кількох чинників: технічних характеристик пунктів завантаження $W_{ij}(p)$ у сільськогосподарських виробників j, які визначають ефективність процесів збирання та відвантаження; коефіцієнт завантаження $K_{ij}(p)$ (%) техніки для завантаження овочів, даний показник регулює використання ресурсів для завантаження.

$$V_i(p,t) = K_{ij}(p) \cdot \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{I} W_{ij}(p) \cdot t$$

Обсяги можливих перевезень $V_y(p,t)$ продукції виду p від пунктів завантаження до приймальних пунктів (овочесховищ) за час t залежать від кількох ключових факторів: Технічних характеристик транспорту, що включає продуктивність $W_{zb}(p)$, яка обчислюється як швидкість транспорту, помножена на вантажопідйомність, для різних марок машин b. Також важлива кількість таких машин z, які є в розпорядженні всіх транспортних компаній y. Слід враховувати також загальну відстань перевезень $S_y(p)$ по всіх маршрутах, визначених для роботи на поточний день.

Інтенсивність перевезень також можна регулювати, змінюючи швидкість руху $\vartheta_y(p,t)$ машин. При цьому враховуються такі чинники, як якість доріг та погодні умови. Це коригування здійснюється за допомогою коефіцієнта варіації швидкості $K_\vartheta(p)$ (%), що дозволяє адаптувати транспортні ресурси до поточних умов.

$$V_y(p,t) = K_\vartheta(p) \cdot \sum_{z=1}^{Z} \sum_{b=1}^{B} \frac{W_{zb}(p) \cdot t}{S_y(p)}$$

Попри те, що мінімізація транспортних витрат не є головним критерієм оптимізації в цій системі, її математична модель все одно забезпечує значне скорочення цих витрат порівняно з існуючими методами. Це відбувається завдяки врахуванню якості доріг, усуненню холостих пробігів, запобіганню заторів на шляхах і черг на пунктах завантаження, а особливо на приймальних пунктах. Крім того, у традиційній транспортній задачі не враховується взаємний вплив транспортних засобів, що призводить до значних втрат. Запропонована модель дозволяє уникнути цього, що в підсумку робить використання транспорту ефективнішим, ніж при застосуванні звичайної транспортної задачі. Таким чином, розроблено математичну модель для оперативного управління кампанією із заготівлі овочів на рівні сировинних зон агропромислових підприємств.

Список використаних джерел:

1. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: навч. посіб. [для студентів техн. спец. вищ. навч. закл.] / В.Б. Толубко,

А.Д. Кожухівський, В.В. Вишнівський, Г.І. Гайдур, О.А. Кожухівська. – Київ: 2018. 175 с.

2. Системне обґрунтування структури та використання технологічних комплексів машин для збирання й післязбиральної обробки врожаю зернових культур: монографія / Днесь В.І., Кудринецький Р.Б., Скібчик В.І., Степаненко С.П. / ІМА АПВ НААН. Ніжин: Видавець Лисенко М.М., 2023. 200с. https://doi.org/10.37204/imaap.syst.obgruntuv.struktury

3. Stepanenko S., Kudrynetskyi R., Shvydia V., Dnes V., Kuzmych A. Applied software management of technological process of grain production on the granary. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 2022, 17 (21), pp. 1915-1923.

УДК 631.372:519.866

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОХІДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ

Загурський А.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Транспортно-технологічні та польові сільськогосподарські роботи у технології виробництва сільськогосподарської продукції складають невід'ємну частину всього технологічного процесу на виконання яких витрачаються значні фінансові, трудові та енергетичні ресурси.

Сучасне аграрне виробництво дає можливість пристосовувати різноманітні засоби механізації до умов виробництва, тому актуальною постає проблема оптимального використання техніки із забезпеченням найкращих умов для росту й розвитку агрокультур. Ця проблема відображена у працях відомих українських вчених [1-4].

Одним із критеріїв оцінки ефективності технологічного процесу є енерговитрати. При цьому важливим фактором їх зменшення і відповідно підвищення ефективності роботи засобів механізації у застосовувані будь якої технології є дотримання основних агротехнічних вимог, термінів виконання сільськогосподарських робіт та зниження техногенного впливу на ґрунт. Ці умови можуть бути реалізовані за рахунок розширення функціональних можливостей засобів механізації залежно від виду виконуваних робіт та умов експлуатації.

Якщо розглядати ефективність рослинницької галузі сільгоспвиробництва то загально відомим фактом є те, що підвищенню

конкурентоспроможності її продукції найбільшою мірою сприяють два ключових фактори: якість та ціна. Ціновий фактор насамперед залежить від собівартості одиниці продукції, яка з погляду повних енерговитрат на виробництво продукції підпорядковується функції:

$$\text{Е}_{\text{пов}} = \sum_{i=1}^{n} E_i \rightarrow min, \quad (1)$$

де E_i – енерговитрати на і-ту операцію;

n – кількість здійснених операцій для отримання продукту.

Забезпечення виконання цієї функції при виробництві продукції рослинництва має супроводжуватись дотриманням трьох основних умов:

– достатнім тяговим зусиллям;

– оптимальним техногенним впливом на ґрунт;

– дотриманням агротехнічних термінів.

Перша умова має забезпечувати можливість виконання технологічної операції:

$$\text{Р}_{\text{кр}} = f\,(G_{\text{зв}}, V) \geq [\text{Р}_o], \quad (2)$$

де $G_{зв}$ – зчіпна вага, що залежить від конструктивно-режимних показників, Н;

V – швидкість руху енергетичного засобу, залежить від сукупності факторів застосовуваної технології, кліматичних та ґрунтових умов, м/с;

P_o – опір руху від сільськогосподарського агрегату, Н.

Друга умова має забезпечувати збереження родючості ґрунту:

$$g = f\,(G_{\text{зв}}, V) \leq [g_{\text{оп}}] \quad (3)$$

де $g_{оп}$ – гранично допустимий нормальний тиск на ґрунт енергетичного засобу.

Третя умова має забезпечувати дотримання оптимальних агротехнічних термінів:

$$\text{Т} = f\,(G_{\text{зв}}, V) \leq [\text{Т}_{\text{оп}}] \quad (4)$$

Отже необхідні для роботи моделі умови залежать від зчіпної ваги, продуктивності та швидкості руху сільськогосподарської техніки, тобто від низки конструктивно-режимних та технологічних факторів:

$$\left.\begin{aligned} \text{Е}_{\text{заг}} = f\,(G_{\text{зв}}, V) &\rightarrow min \\ W = f\,(G_{\text{зв}}, V) &\rightarrow max \\ T = f\,(G_{\text{зв}}, V) &\rightarrow opt \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

де W – продуктивність сільськогосподарської техніки, га/год;

Т– оптимальні агротехнічні терміни, діб.

Для об'єктивної та більш повної оцінки засобів механізації, що використовуються у агровиробництві необхідно враховувати ефект від зниження повних енерговитрат у внаслідок отримання додаткової продукції переміщеної транспортними засобами вищої тоннажності. Тоді у загальному вигляді економіко-математична модель оцінки ефективності

використання енергетичних засобів з змінною зчіпною вагою може бути представлена у вигляді системи, яка відповідає наступним умовам:

$$\begin{cases} \text{Е}_{\text{заг}} = \Delta\text{Е}_{\text{еф}} - \text{Е}_{\text{і}} - \text{Е}_{\text{пр}} \ \rightarrow max \\ \text{Е}_{\text{п.г}} = 3{,}9\text{Е}_{\text{п}}\left(p_{\text{д}} - p_{\text{оп}}\right) \rightarrow min \\ \text{Е}_{\text{д.т.}} = \text{Е}_{\text{п}} \times \text{К}_{\text{в}} \times \text{К}_{1} \times U(\text{Т} - 1) \rightarrow min \end{cases} \quad (5)$$

де; $\Delta\text{Е}_{\text{еф}}$ – економія енерговитрат, МДж;

$\text{Е}_{\text{і}}$ – енерговитрати існуючої технології вирощування сільськогосподарських культур, МДж;

$\text{Е}_{\text{пр}}$ –енерговитрати пропонованої технології вирощування сільськогосподарських культур, МДж ,

$\text{Е}_{\text{п.г}}$– економія повних енерговитрат від зниження переущільнення ґрунту, МДж;

$\text{Е}_{\text{п}}$– питомий енергозміст одиниці продукції, МДж/кг;

$p_{\text{д}}$– дійсна щільність ґрунтів після проходу енергетичного засобу, г/см^3;

$p_{\text{оп}}$ – оптимальна щільність ґрунту до проходу енергетичного засобу, г/см^3;

$\text{Е}_{\text{д.т.}}$ – економія повних енерговитрат від дотримання агротехнічних термінів, МДж.;

$\text{К}_{\text{у}}$ – коефіцієнт ущільнення;

$\text{К}_{\text{в}}$ – коефіцієнт врожайності;

U – врожайність сільськогосподарської культури, ц/га;

Т – тривалість сільськогосподарських робіт, дні.

Таким чином для реалізації вище наведеної економіко-математичної моделі насамперед необхідно вирішити питання раціонального перерозподілу зчіпної ваги засобів механізації, що використовуються у сільськогосподарських операціях. Що спонукає аграрні підприємства підвищувати ефективність сільськогосподарської техніки і широко застосовувати самохідні сільськогосподарські агрегати (ССА), які формуються на базі мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) різних конструкційно-компонувальних схем.

Список використаних джерел

1. Булгаков В.М. Адамчук В.В., Надикто В.Т., Ружило М.Я. Агрегатування сільськогосподарської техніки – одна з сучасних актуальних проблем землеробської механіки. Вісник аграрної науки. 2022. № 11. 48-55. URL. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2022_11_9

2. Козаченко О. В. Ресурсозбереження в сільськогосподарських агрегатах при виконанні технологічних операцій у рослинництві: автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.05.11 машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва : Харків, 2006, 40.

3. Крупецьких В. П., Домарацький О. О., Ревтьо О. Я. Ефективність використання машинно-тракторних агрегатів у рослинництві. Таврійський науковий вісник. Херсон : Вид. дім "Гельветика", 2020. Вип.111. 96-104.

4. Чорна Т.С. Особливості агрегатування посівного машинно-тракторного агрегату на базі інтегрального трактора при вирощуванні просапних культур в умовах півдня України: монографія. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2016. 92.

УДК 658.7:65.011.

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ У ВИРОБНИЧИХ ПІДСИСТЕМАХ ВЕРТИКАЛЬНО ІНТЕГРОВАНИХ СТРУКТУР АПК

Загурський О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Однією із актуальних проблем управління ланцюгами створення доданої вартості є оптимізація числа циклів та обсягів партій поставок вихідного матеріального потоку. Так при здійсненні одного циклу поставки, що забезпечує річний обсяг сировини, виробнича підсистема стикається з проблемою зберігання обсягу, що надійшов, збільшенням пов'язаних з цим процесом витрат. Тоді як за організації поставок дрібнішими партіями збільшуються організаційні витрати. Оптимізація матеріальних потоків дозволяє знизити витрати на транспортування, зберігання та обробку сировини і готової продукції Це особливо актуально для великих корпоративних структур, які мають складну логістичну мережу. В останні роки проблемам впливу управління запасами на ефективність корпоративних агарних структур присвятили увагу [1-5]. Проте питання управління динамікою зміни обсягів матеріальних потоків корпоративних інтегрованих структур АПК в умовах нестаціонарного попиту на продукцію досліджено недостатньо.

Класична модель розрахунку оптимального розміру замовлення Харріса-Вілсона пов'язує між собою витрати на замовлення із витратами на зберігання.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2S \times D}{H}}, \quad (1)$$

де S – витрати на замовлення (в рік, на одиницю), які включають витрати на доставку, обробку й здійснення розрахунків, пов'язаних із замовленням;

D – коефіцієнт попиту або потреба в ресурсах;

H – витрати на зберігання запасів, які включають витрати на зберігання матеріалів або товарів на складі та втрати пов'язані із нестачею запасів.

Вона передбачає безперервне витрачання запасів сировини, а також їх миттєве надходження, що в практичній діяльності неможливо. Адже навіть за організації у корпоративних інтегрованих структурах безперервного виробничого процесу, для підтримки його ритмічності, швидкість постачання сировини (*p*) має перевищувати швидкість витрачання ресурсу (*a*). Тобто, має виконуватися умова ($p > a$).

Тому на відміну від класичного підходу, за формулювання завдання з управління запасами в корпоративних вертикально інтегрованих структурах АПК допускається, що партії сировини надходитимуть рівномірно зі швидкістю постачання (*p*), а не миттєво, і протягом інтервалу (t_n), як відображено на рисунку 1.

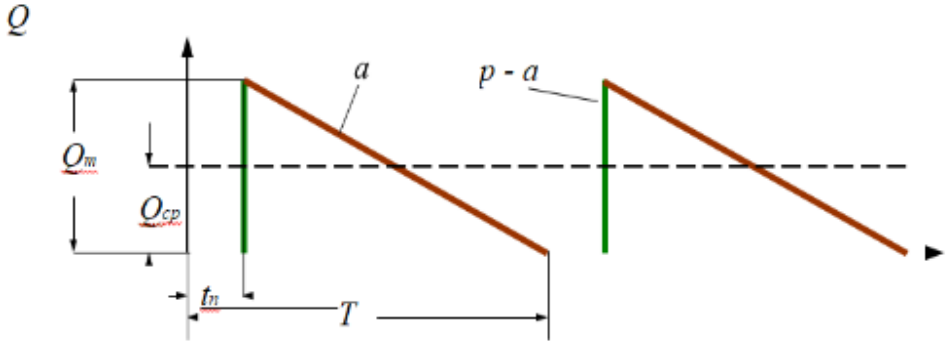


Рис. 1. Діаграма динаміки виробничих запасів корпоративних вертикально інтегрованих структур АПК

Проте відзначаємо, що у безперервних виробничих системах існує можливість зменшення витрат, пов'язаних із відмовами $I_{від}$, за допомогою додаткової чергової партії постачання у тимчасовому інтервалі Δt [6]. Графічний опис цього процесу наведено у рисунку 2.

Подібна зміна поставок рівнозначна процесу збільшення на (1+Δt) терміну зберігання. Відповідно, витрати, пов'язані зі зберіганням, становитимуть:

$$I_x = h * \frac{Q_m}{2*(1+\Delta t)}, \quad (2)$$

тоді як загальні витрати дорівнюватимуть:

$$I = I_x + I_{від}, \quad (3)$$

Отже, при оптимальному інтервалі $\Delta t_{оп}$ запобіжного постачання отримаємо мінімальні загальні витрати:

$$min(I) = g\left[1 - \sum_{j=0}^{Q_m-1} \frac{(Q_m - a\Delta t_{on})^j}{j!} exp(-(Q_m - a\Delta t_{on}))\right] + h\frac{Q_m}{2}(1 + \Delta t_{on}) \quad (4)$$

та оптимальну точку замовлення $Q_{ТЗап}$, що визначиться як: $Q_{ТЗап}=a\Delta_{ton}$

В таблиці 1 та рисунку 3 наведено приклад врахування залежностей, що відбивають динамічний результат усіх досліджуваних функцій блоку зберігання запасів інтегрованого ланцюга постачань аграрної продукції.

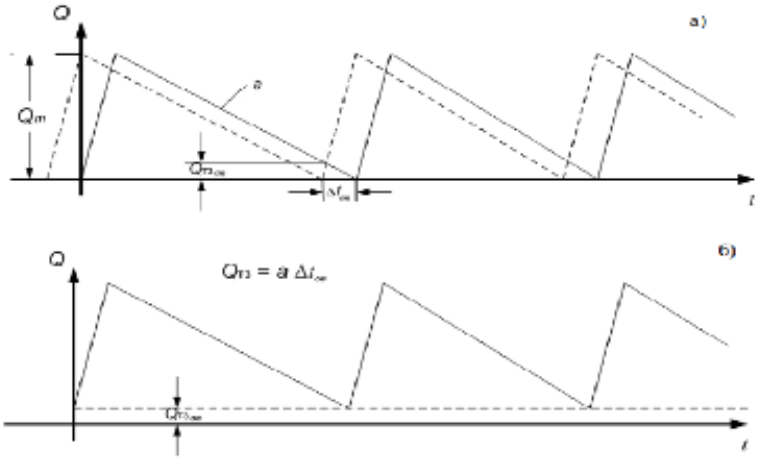


Рис. 2. Зсув постачань на Δt_{om}.

Таблиця 1

Результати оптимізації матеріального потоку

Інтенсивність потоку заявок на рік, *l*	Витрати зберігання запасів h	Макс-ний рівень запасів, Qm	Інтервал дії однієї партії постачання Δt	Витрати зберігання Іх	Витрати відмов Івід	Загальні витрати І
20	6	150	1	900	0,00000000	900,0
20	6	150	2	1350	0,00000000	1350,0
20	6	150	3	1800	0,00000000	1800,0
20	6	150	4	2250	0,00000000	2250,0
20	6	150	5	2700	0,01897892	2700,0
20	6	150	6	3150	0,00000003	3150,0
20	6	150	7	3600	0,00000000	3600,0
20	6	150	8	4050	0,0000453	4050,0
20	6	150	9	4500	22026,460	26526,5
20	6	150	10	4950	38026,4600	42976,5

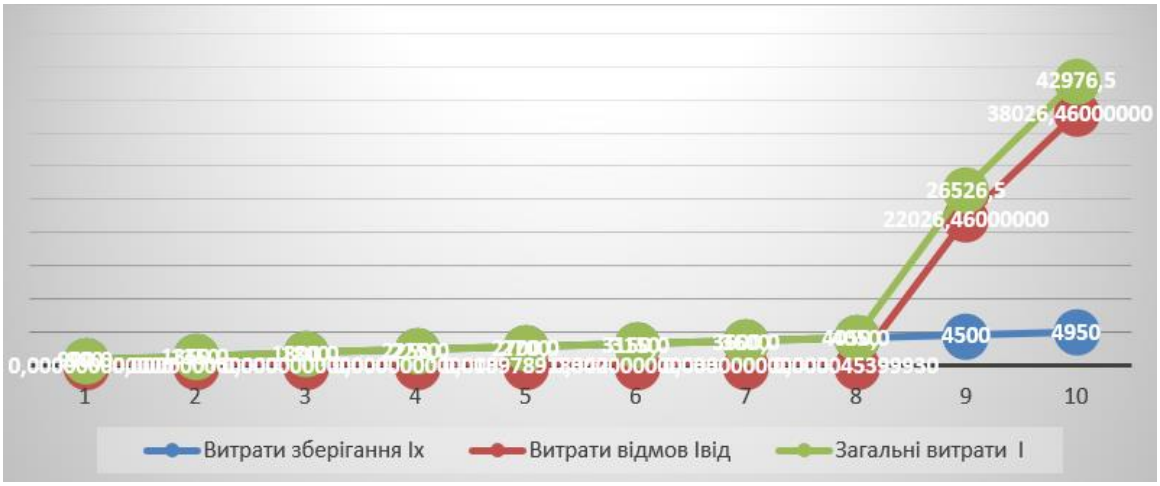


Рис. 3. Графік визначення оптимального інтервалу попереджувальної поставки чергової партії ($\Delta t_{оп}$)

Отже мінімального значення загальні витрати зберігають до $\Delta t_{оп} = 8$, коли інтервал постачання однієї партії постачання сягає вісім днів, збільшення інтервалу постачань партій товару до дев'яти або десяти суттєво збільшує загальні витрати постачань.

Список використаних джерел

1. Bah A., Duramany-Lakkoh, E.K., Daboh F. An Empirical Evidence of The Impact of Inventory Management on The Profitability of Manufacturing Companies. *Journal of Banking & Finance*. 2023. 13. 207-228. 10.47260/jafb/13610.
2. Matsiuk V., Opalko V., Savchenko L., Zagurskiy O., Matsiuk N. Optimisation of transport and technological system parameters of an agricultural enterprise in conditions of partial uncertainty. *Machinery & Energetics*, 2023. 14(3),61-71.https://doi.org/10.31548/machinery/3.2023.61.
3. Mwamba E., Yangailo T. The Impact of Inventory Management on the Performance of an Organization. *Revista científica profundidad construyendo futuro.* 2024. 20. 77-85. 10.22463/24221783.4184.
4. Osman S., Xu C., Akuful M., Paul E. Perishable Food Supply Chain Management: Challenges and the Way Forward. *Open Journal of Social Sciences*, 2023. 11, 349-364. doi: 10.4236/jss.2023.117025.
5. Zagurskiy O. M. Modeling of supply processes for perishable foodstuffs. Machinery & Energetics. 2021. Vol. 12, No 3, 53-61.
6. Zagurskiy O., Pivtorak M., Bondariev S., Demin O., Kolosok I. Methods of reliability management in supply chain. Proceedings of 22st International Scientific Conference Engineering for Rural Development 24-26.05.2023 Jelgava, LATVIA. 76-84.

УДК 656.025

РОЗСУВНІ КУЗОВА ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

Постановка проблеми. Галузь автомобілебудування в останні століття динамічно розвивається. Це також стосується і спецтехніки, причепів вантажних транспортних засобів тощо. В різних галузях економіки, в тому числі і сільськогосподарському виробництві, часто існує потреба в необхідності збільшення об'єму для накопичення та перевезення вантажів, а деколи є необхідність у більш точному розприділенні навантаження на вісі причепів при перевезенні вантажів із значною густиною. Крім того,

постійне зростання вартості землі зумовлює оптимізувати місця зберігання автомобілів у автотранспортних підприємствах, що вимагає зменшення габаритів автотехніки при її зберіганні. Ці проблеми зумовлюють пошук нових вдосконалених конструкцій кузовів вантажних транспортних засобів і можливого їх створення з функціями розсування-зсування чи розкладання-складання.

Аналіз останніх досліджень. Зростаючі потреби населення зумовили появу нових технологій та, відповідно, ріст кількості автотранспортних засобів різних типів, особливо вантажних та спецтехніки. Відтак, це зумовило нові вимоги до їх конструкцій, обслуговування, ремонту та зберігання. Відповідно, цим питанням присвячено праці багатьох дослідників [1-5]. Проте багато питань потребують подальшого вивчення.

Мета досліджень. Метою дослідження є розроблення розсувних кузовів вантажних транспортних засобів.

Результати досліджень. Метою розроблених рішень є вдосконалення конструкцій кузовів вантажних транспортних засобів, які б відповідали певним потребам. Зокрема у сільськогосподарському виробництві та інших галузях часто існує потреба в необхідності збільшення об’єму для накопичення та перевезення вантажів, а деколи є необхідність у більш точному розприділенні навантаження на вісі причепів при перевезенні вантажів із значною густиною. Крім того, постійне зростання вартості землі заставляє скорочувати площі для зберігання автомобілів, що вимагає зменшення габаритів автотехніки при її зберіганні. Усі ці виклики зумовлюють пошук інженерних рішень із вдосконаленням конструкцій кузовів вантажних транспортних засобів. Відтак вони вимагають появи нових конструкцій із функціями розсування-зсування чи розкладання-складання, що дозволить значно міняти габарити кузовів в залежності від виникаючих потреб. Нами було розроблено декілька варіантів складних конструкцій кузовів вантажних транспортних засобів. Зокрема на рис. 1.*а* і 1.*б* представлена конструкція кузова із функцією розсування-зсування [6], а на рис. 1.*в* і 1.*г* із функціями розсування-зсування та розкладання-складання.

Використання розкладних кузовів вантажних транспортних засобів здійснюється наступним чином. При зберіганні, чи якщо немає потреби у значному об’ємі кузова при перевезенні вантажів, а також коли існує необхідність у більш точному розприділенні навантаження на вісі, кузова вантажних транспортних засобів використовуються у складеному вигляді, як показано на рис. 1.*а* і рис. 1.*в*. Якщо потрібно забезпечити максимальний об’єм кузова для перевезення вантажів, то проводять їх розсування та розкладання, як зображено на рис. 1.*б* і рис. 1.*г*. Розсування чи розкладення кузовів вантажних транспортних засобів проводиться шляхом осьового зміщення розсувної середньої частини бічних бортів або приведенням в горизонтальне положення шляхом провертання відносно фіксованої середньої частини бічних бортів відкидної задньої частини бічних бортів.

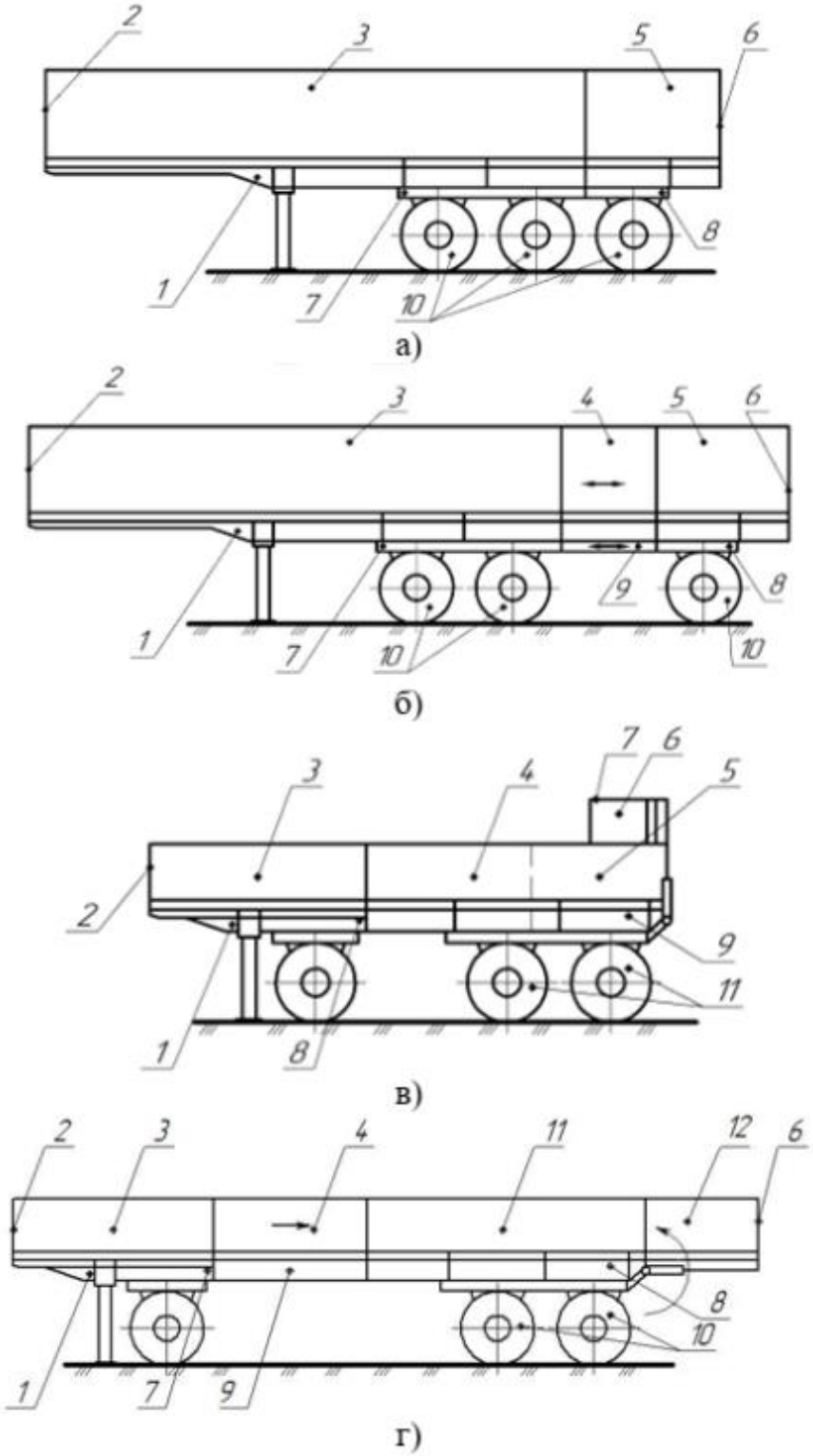


Рис. 1. Розсувні кузова: а), б) з функцією розсування-зсування; в), г) із функціями розсування-зсування та розкладання-складання; 1 – днище; 2 - передній борт; 3 - фіксована передня частина бічних бортів; 4 - розсувна середня частина бічних бортів; 5 - фіксована задня частина бічних бортів; 6 - задній борт; 7 - передня частина рами; 8 - задня частина рами; 9 - розсувна частина рами; 10 - колісна база; 11 - фіксована середня частина бічних бортів; 12 - відкидна задня частина бічних бортів

Висновок. Використання розроблених кузовів вантажних транспортних засобів із функціями розсування-зсування та розкладання-складання забезпечить широкі технологічні можливості при накопиченні та перевезенні вантажів. Зокрема при потребі необхідності збільшення об'єму для накопичення та перевезення вантажів та більш точному розприділенні навантаження на вісі причепів при перевезенні вантажів із значною густиною, а також дозволить оптимізувати місця зберігання автомобілів.

Список використаних джерел

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.

2. Liashuk O., Hevko I., Hud V., Khoroshun R., Hevko B., Matviishyn A., Sipravska M. Stands for car suspension research. Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research, No. 26 (2022). C 93-103.

3. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11.

4. Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. B. Sokil, O. Lyashuk, M. Sokil, Y. Vovk, I. Lebid, I. Hevko, M. Levkovych, R. Khoroshun, A. Matviyishyn. - COMMUNICATIONS, 2022. - Vol. 24, № 3, P. 247-258.

5. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 276 с.

6. Розсувний кузов вантажного транспортного засобу : пат. 155040 Україна, МПК B60P. № u202303606 ; опубл. 10.01.2024. Бюл. № 2/1024.

УДК 656.1:504.06

УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА ОСТРОГ ЗА ЕКОЛОГІЧНИМ КРИТЕРІЄМ

Мацюк К.І., Загурський О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У XXI столітті міський простір зазнає трансформацій: замість домінування автотранспорту зростає орієнтація на людину. Пішохідні зони стають важливим інструментом підвищення якості життя, зниження

екологічного навантаження та розвитку туристичної привабливості. Вони сприяють безпеці, комфорту й формуванню сучасної міської ідентичності.

Проблеми удосконалення автотранспортної мережі міст через інтеграцію пішохідних зон у міському середовищі активно вивчається як в українських, так і в міжнародних дослідженнях [1-5].

Запровадження пішохідних просторів потребує поетапної реалізації та залучення громади, адже різке перекриття вулиць часто викликає опір. Серед переваг – зменшення транспортного руху, покращення екології, стимулювання здорового способу життя; серед викликів – ризик заторів у суміжних районах та фінансові витрати на перебудову.

Важливим стимулом для таких змін є екологія: вивільнення міських територій від транспорту зменшує викиди та рівень шуму, заохочує альтернативні способи пересування [6].

У місті Острог для трансформації обрано дві вулиці:

- Гальшки Острозької – економічний центр із високим пішохідним потоком, але проблемами з паркуванням. Перетворення на пішохідну дозволить створити безпечний і зручний простір.
- Папаніна – культурно-туристична вулиця з Музеєм книги та друкарства. Пішохідна зона підсилить туристичну привабливість і збереже історичну атмосферу.

Для оцінки впливу змін використано метод перерозподілу транспортних потоків. Аналіз показав можливість перенесення руху на альтернативні маршрути («станція Острог – центр» та «Могиляни – центр»), що забезпечує гнучкість транспортної системи.

У рамках аналізу розглянуто два маршрути міського транспорту із загальним попитом на перевезення C = 399 пасажирів. Час переміщення на маршруті №1 становить t1 = 16 хв (0,267 год), на маршруті №2 – t2 = 23 хв (0,383 год).

Для маршруту №1:

$$En_1=49+34+21+28+47+46=225 \text{ пасажирів за день} \quad (1)$$

$$\nu_1=\frac{En_1}{T_1}=\frac{225}{3,2}\approx 77 \text{ пас./год} \quad (2)$$

Для маршруту №2:

$$En_2=36+25+19+24+37+33=174 \text{ пасажирів за день} \quad (3)$$

$$\nu_2=\frac{En_2}{T_2}=\frac{174}{4,6}\approx 38 \text{ пас./год} \quad (4)$$

Отже, маршрут №1 демонструє значно вищий середній пасажиропотік. Водночас існує потенціал перенаправлення частини пасажирів на маршрут №2.

Теоретичний максимум маршруту №2 за умови максимальної пасажиромісткості автобуса Gmax = 50 пас. та кількості рейсів N = 6:

$$\nu_{max}=\frac{G_{max}\times N}{T_2}=\frac{300}{4,6}\approx 65 \text{ пас./год} \quad (5)$$

При переході 15% пасажирів на альтернативні види транспорту (авто – 4%, велосипеди – 3%, електросамокати – 3%, пішоходи – 5%) фактичний потік при об'єднанні маршрутів складе:

$$\nu^* = \frac{C-15\%}{T_2} = \frac{339}{4,6} \approx 74 \text{ пас./год} \quad (6)$$

Отримане значення перевищує теоретичну пропускну здатність маршруту №2, що свідчить про необхідність оптимізації.

Було складено оновлений графік руху, де додано рейси у пікові години. Загальний корисний час зріс до $T_{он}$ = 6,1 год, а пасажиропотік:

$$\nu_{он} = \frac{C_{он}}{T_{он}} = \frac{339}{6,1} \approx 56 \text{ пас./год} \quad (7)$$

Додавання рейсів дозволяє знизити перевантаження та забезпечити комфортне перевезення пасажирів, не перевищуючи теоретичний максимум. Запропоноване рішення робить маршрут №2 ефективнішим та покращує баланс транспортної мережі.

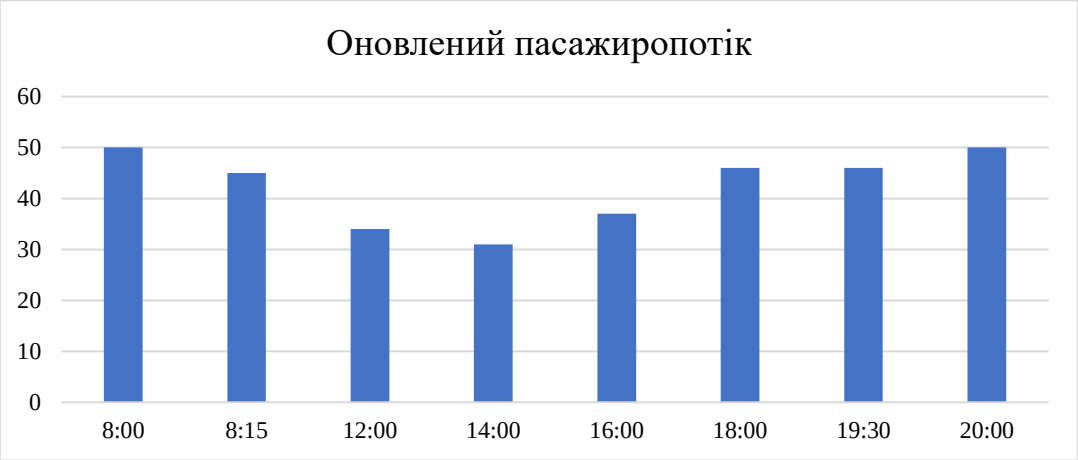


Рис. 1. Оновлений пасажиропотік.

Визначення впливу транспортного потоку на екологію проведено на прикладі вул. Гальшки Острозької. Склад транспортного потоку: 795 легкових автомобілів, 49 вантажних (2–6 т), 20 автобусів та 37 одиниць мототранспорту. Для кожного виду транспорту виконано розрахунок кількості викидів CO_2 на ділянці довжиною 150 м. Результати показали зменшення викидів: легкові автомобілі – 16 695 г.; вантажні – 1 837,5 г.; автобуси – 600 г.; мототранспорт – 444 г. Загальна кількість зменшення викидів становила 19 576,5 г (≈19,6 кг) CO_2. Це свідчить, що перекриття даної вулиці зменшить викиди майже на 20 кг щодня. Додатково очікується скорочення загальних викидів приблизно на третину завдяки переходу частини мешканців на альтернативні способи пересування.

Проведене дослідження довело доцільність створення пішохідних зон у місті Острог. Аналіз транспортних потоків, пасажиропотоків та рівня викидів CO_2 показав, що перекриття центральних вулиць знижує екологічне навантаження, оптимізує роботу громадського транспорту та підвищує

комфорт для мешканців і туристів. Реалізація таких заходів сприятиме сталому розвитку міського середовища.

Список використаних джерел

1. Безлюбченко О. С.,. Гордієнко С. М, Завальний О. В. Планування міст і транспорт : навч. Посібник. Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 271.

2. Пірс Ф. Еко-міста майбутнього. Ландшафт и архітектура. 2019. № 4. 14-17.

3. Трошин М., Кістол А., Баранник В. Вплив автомобільного транспорту на довкілля. Grail of science. 2023. № 26. 261–264

4. Zagurskiy O. M., *Kumeiko A. G., Shatkivska Y. V.* Optimization of urban passenger route by game simulation methods. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 1, 47-54.

5. Zagurskiy O. M., Ohiienko A. M. Approaches To The Optimization Of The Functioning Of Cities By The Environmental Criteria. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 4, 75-81.

6. Zagurskiy O., Savchenko L., Makhmudov I., Matsiuk V. Assessment of socio-ecological efficiency of transport and logistics activity. Proceedings of 21st International Scientific Conference Engineering for Rural Development 25-27.05.2022 Jelgava, LATVIA. 543-550

УДК 629.3.027.543.

СТРУКТУРА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АВТОМОБІЛЯ

Разманов С.В., Загурський О.М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розвиток автомобільного транспорту досяг високого рівня та впровадив інноваційні технології, що спричинило появу двох чітко виражених і суперечливих тенденцій. З одного боку, рівень автомобілізації, який відображає техніко-економічний потенціал розвитку суспільства, сприяв задоволенню соціальних потреб населення. З іншого боку, це призвело до збільшення масштабу негативного впливу на суспільство і навколишнє середовище. Автомобіль став надто проблемним з точки зору використання енергетичних та матеріальних ресурсів, а також впливу на екологічний баланс навколишнього середовища. Кожен автомобіль є значним споживачем природних ресурсів і джерелом забруднення біосфери. З точки зору безпеки експлуатації, він також викликає багато проблем. Крім того, шумове забруднення є ще одним видом несприятливого впливу

автомобільного транспорту на навколишнє середовище. Основні загальнотеоретичні положення, які характеризують специфіку основних засобів та інвестицій, їх сутність, певною мірою висвітлені в працях як українських так і зарубіжних науковців [1-8].

Визначення оптимального строку експлуатації автотранспортного засобу найбільш широко застосовується метод, при якому в якості критерію оптимальності використовується мінімум собівартості одиниці напрацювання (продукції або роботи). Сутність цього методу полягає в наступному: зі збільшенням терміну служби машини питома величина амортизаційних відрахувань, що припадають на одиницю її напрацювання, зменшується [1]. З метою розуміння процесів, що відбуваються протягом всього терміну життя автотранспортного засобу, виділяють фази, які зазначені на рисунку 1.

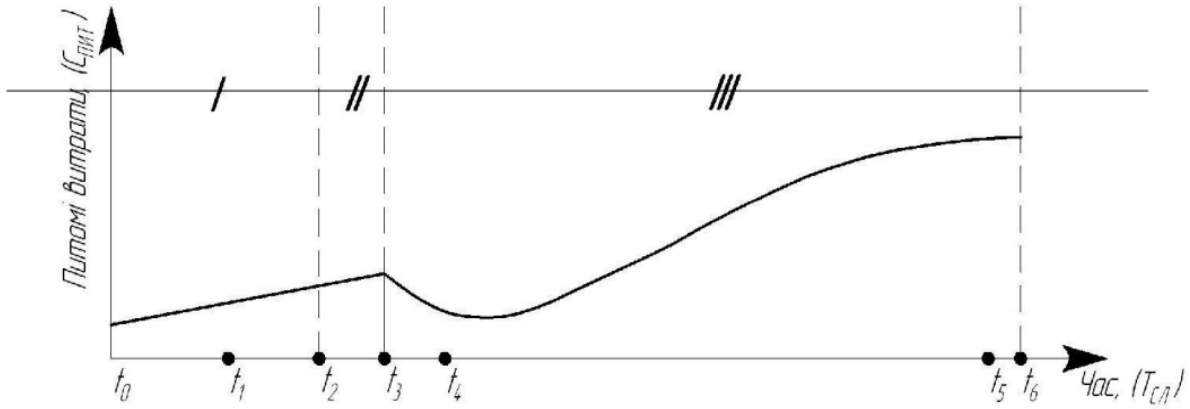


Рис. 1. Тривалість життя транспортного засобу. I – фаза розробки (t0 – t1 – проектування АТЗ; t1 – t2 – конструювання АТЗ); II – фаза виробництва; III – фаза експлуатації (t3 – t4 ——виведення АТЗ на ринок; t4 – t5 – володіння АТЗ; t5 – t6 – утилізація АТЗ).

Термін служби автомобіля залежить від багатьох чинників: його конструкції, умов експлуатації та технології виробництва. Однак ключову роль у продовженні життя автомобіля відіграє своєчасне та правильне технічне обслуговування. Щоб автомобіль служив довше, необхідно точно дотримуватися вимог інструкції заводу, систематично контролювати роботу всіх вузлів і механізмів, а також негайно усувати несправності. Крім того, на довговічність авто значно впливають прийоми водіння.

Незважаючи на значний розвиток та інновації в автомобільному транспорті, що підвищили рівень життя суспільства, ця сфера має і суттєві негативні наслідки. Автомобілі є значними споживачами природних ресурсів і джерелами забруднення навколишнього середовища, включаючи шумове забруднення. Водночас, довговічність і надійність транспортного засобу безпосередньо залежать від регулярного та правильного технічного

обслуговування, дотримання інструкцій виробника, використання рекомендованих мастильних матеріалів та дбайливого стилю водіння. Таким чином, для збалансованого розвитку автомобільного транспорту необхідно не тільки вдосконалювати технології, а й підходити до його експлуатації відповідально.

Список використаних джерел

1. Загурський О.М. Методика оцінки тривалості життєвого циклу транспортного засобу. Розвиток методів управління та господарювання на транспорті, 2023, 1(82). URL: https://www.daemmt.odesa.ua/index.php/daemmt/article/view/447

2. Тхорук Є.І., Кучер О. Визначення оптимального терміну використання автомобільного транспортного засобу як параметра системи оновлення парку рухомого складу. Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ". Луцьк, 2016. Випуск № 55. 412-417.

3. Gebler M. Integrating Life-Cycle Assessment into Automotive Manufacturing – A Review-Based Framework to Measure the Ecological Performance of Production Technologies. In: Schebek, H.C.C.F. (Ed.), Progress in Life Cycle Assessment, Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. Springer, Cham, 2018. 45-55.

4. Del Pero, F., Massimo, D., Pierini, M., Life Cycle Assessment in the automotive sector: a comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car. Proc. Struct. Integrity 12, 2018, 521-537.

5. Kaewunruen S., Rungskunroch P., Jennings D. A through-life evaluation of end-of-life rolling stocks considering asset recycling, energy recovering, and financial benefit, Journal of Cleaner Production, Volume 212, 2019, 1008-1024.

6. Oliveira F.B.D., Nordelöf A., Sandén B.A., Widerberg A., Tillman A., Exploring automotive supplier data in life cycle assessment – Precision versus workload, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 105, 2022, 103247

7. Khavruk V.O., & Parkhomenko O.O. Criteria for Selection and Evaluation of Rolling Stock of Motor Transport Enterprises. Science and Transport Progress, 2021, (2(92), 17-28.

8. Zagurskyi O., Pokusa T., Zagurska S., Ohiienko M., Titova L., Rogovskii I. Ohiienko A., Razumova K., Berezova L. Current trends in development of transport and logistics systems of delivery of fast perishable foodstuffs. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021, 238

УДК 631.1

АНАЛІЗ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІКІВ

Циганенко М.О., Гарбуз Ю.М., Михайличенко Б.О.
Державний біотехнологічний університет

Підвищення ефективності аграрного виробництва неодмінно пов'язане з рівнем матеріального забезпечення. Одне з основних місць в матеріально-технічній базі відводиться енергетичним ресурсам, серед яких важлива роль належить транспорту.

Раціональне формування та використання матеріально-технічної бази, включаючи енергетичні ресурси, є вирішальним фактором підвищення ефективності сільського господарства. Серед енергетичних потужностей транспорту належить значна частка (45-55%) [1, 2].

Аналіз роботи транспортних засобів із використанням графіків по галузях, видам вантажів і перевезень дає змогу отримати цінну інформацію для планування і вдосконалення транспортної системи. Нижче наведено ключові етапи аналізу [3,4,5].:

1. Аналіз завантаження транспорту за галузями та часом року

- Завантаження транспорту в різні сезони:

аграрний сектор:

- найвища завантаженість спостерігається під час сезонів збирання врожаю (осінь) та посівної (весна). Перевозяться зернові, фрукти, овочі, добрива;
- промисловість: стабільна завантаженість протягом року, але підвищується під час активних будівельних сезонів (весна-осінь) через перевезення будівельних матеріалів;
- лісова галузь: найбільш активні перевезення деревини взимку, коли здійснюються заготівлі, оскільки замерзлий ґрунт полегшує транспортування;
- енергетика: збільшення перевезень вугілля, газу, нафти в зимовий період через опалювальний сезон.

2. Оцінка умов перевезення:

- аналіз дорожньої інфраструктури (чи вистачає якісних доріг і магістралей для оптимізації маршрутів);
- кліматичні умови: наприклад, в зимовий період транспорт може мати ускладнення через сніг, ожеледицю;
- можливість зберігання вантажів у проміжних пунктах, якщо перевезення здійснюються у декілька етапів.

3. Напрямки розвитку господарства:

- розвиток інфраструктури: модернізація доріг, будівництво логістичних центрів, покращення стану залізничних колій;
- екологічність транспорту: перехід до електромобілів або використання більш ефективних паливних систем;
- оптимізація логістики: створення автоматизованих систем маршрутизації.

4. Масові технологічні перевезення:

- Аграрне виробництво: масові перевезення зерна, врожаю, добрив. Час освоєння залежить від сезонності: осінь та весна;
- будівництво: перевезення піску, цементу, щебню найбільша активність у теплий сезон (весна-осінь);
- енергетика: перевезення вугілля, газу—осінньо-зимовий період.

5. Графіки та візуалізація.

Для візуалізації можна побудувати такі графіки:

- завантаження транспорту в залежності від галузі (лінійний або стовпчастий графік, розподіл за місяцями).
- розподіл перевезень за видами вантажів (кругова діаграма).
- сезонний попит на транспорт.

Висновок. На основі отриманих даних можна визначити:

- у якій галузі та в який час року спостерігається найбільше завантаження транспорту;
- пріоритети розвитку транспортної інфраструктури;
- періоди, коли слід залучати додаткові ресурси або впроваджувати нові технології.

Список використаних джерел

1. Економіка України: навч. посіб. / А. П. Голіков, Н. А. Казакова. — К.:Знання, 2008. — С. — 286.

2. Програма економічних реформ на 2010-2014 рр. «Розвиток сільського господарства й земельна реформа» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.president.gov.ua/docs/Programa_reform_FINAL_1. pdf.

3. Транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва: навчальний посібник до курсового та дипломного проектування, частина 1 методика проектування транспортного забезпечення / [Тіщенко Л.М., Пастухов В.І., Зайцев А.С., Циганенко М.О. та ін.]. – Харків. : 2009. – 172с.

4. Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача // М.О. Циганенко, К.Г. Сировицький, О.А. Романашенко // Інженерія природокористування, № 2 (10), – 2018. с. 87-93.

5. Артьомов М.П. Вплив складу транспортного комплексу на процес збирання зернових культур / Артьомов М.П., М.О. Циганенко // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт

в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». Харків. 2019. – С. 95-102.

УДК 631.1

АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ З ВИБОРОМ ВИДУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАпе 6оиои66рмгСОБУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ

Циганенко М.О., Євтушенко О.В., Онікієнко М.О.
Державний біотехнологічний університет

У сільському господарстві транспортне забезпечення є ключовим елементом ефективної організації технологічних процесів. Транспортування часто виступає як допоміжна операція, але його значення не слід недооцінити, адже своєчасне та якісне виконання основних робіт без належного транспорту неможливе.

Організація перевезень вантажів у господарстві вимагає раціонального підбору транспортних засобів з урахуванням типу вантажу, умов експлуатації та економічної доцільності.

Класифікація транспортних засобів у аграрному виробництві:

- самоскиди призначені для перевезення насипних і навалочних вантажів (грунт, пісок, зерно, силос). При цьому забезпечують зручність і швидкість розвантаження, особливо при роботі на коротких відстанях або в умовах активних сільськогосподарських робіт
- бортові транспортні засоби призначені для перевезення штучних, тарних і пакетованих вантажів (наприклад, мішки з добривами, продукція в ящиках), підходять для широкого спектра вантажів.
- спеціалізовані транспортні засоби використовуються для перевезення специфічних вантажів (наприклад, цистерни для рідких вантажів, автомобілі для перевезення худоби або зерна). Забезпечують підвищену ефективність для певних видів робіт, зменшуючи втрати та підвищуючи якість перевезення.
- трактори з причепами використовуються для перевезення різних вантажів на коротких відстанях у польових умовах. Універсальність і маневровість в умовах бездоріжжя, але нижча швидкість і ефективність на великих відстанях порівняно з автомобілями.

Фактори, що впливають на вибір транспортного засобу:

- тип вантажу, штучні, тарні вантажі – бортові автомобілі також самоскиди;

- насипні та навалочні вантажі – самоскиди при організації механізованого розвантаження і бортові автомобілі;
- рідкі або спеціалізовані вантажі – спеціалізовані транспортні засоби.

Відстань перевезень:

Для великих відстаней – автомобілі великої вантажопотужності.

Для малих відстаней – трактори з причепами та автомобілі малої вантажопотужності.

Тип транспортного засобу найчастіше обумовлюється технологічними особливостями сільськогосподарської машини, що обслуговується. Так, транспортування від комбайну початків кукурудзи та соломи зернових здійснюється тракторами з причепами, внесення мінеральних та органічних добрив за потоковою технологією виконується тракторами з причепами-розкидачами, перевезення та завантаження посівних агрегатів насінням і мінеральними добривами - спеціалізованими машинами.

Раціональний підхід до вибору типу транспортного засобу дозволяє забезпечити ефективність перевезень, мінімізувати витрати палива та часу, а також знизити собівартість перевезення продукції.

На внутрішньо господарських перевезеннях (до 5 км) і фермерських перевезеннях вигідно експлуатувати трактори з причепами. На плечах до 20 км варто використовувати самоскиди та автомобілі бортові. На плечах більше 20 км вигідно використовувати лише бортові автомобілі.

Вид транспортного засобу найчастіше обумовлюється технологічними особливостями сільськогосподарської машини, що обслуговується.

Таким чином, раціональне використання транспортних засобів дозволяє підвищити продуктивність і знизити витрати, що є важливим фактором у сільськогосподарському виробництві.

Список використаних джерел

1. Автомобільний транспорт в Україні. Нормативна база (2-е видання змінене і доповнене)/Роїна О.М. – Київ: КНТ, 2006. – 488 с.
2. Офіційний сайт IATA (International Air Transport Association)[Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.iata.org/Pages/default.aspx
3. В.Д.Войтюк, В.Д.Гречкосій, Р.В.Шатров, О.А.Бешун, І.І.Чвартацький, В.В.Марченко. Технологічно-транспортні процеси у виробництві продукції рослинництва: навчальний посібник. Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2017
4. Транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва: навчальний посібник до курсового та дипломного проектування, частина 1

методика проектування транспортного забезпечення / [Тіщенко Л.М., Пастухов В.І., Зайцев А.С., Циганенко М.О. та ін.]. – Харків. : 2009. – 172с.

5. Циганенко М.О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача // М.О. Циганенко, К.Г. Сировицький, О.А. Романашенко // Інженерія природокористування, № 2 (10), – 2018. с. 87-93.

6. Артьомов М.П. Вплив складу транспортного комплексу на процес збирання зернових культур / Артьомов М.П., М.О. Циганенко // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація». Харків. 2019. – С. 95-102.

УДК 502/504

ЩО ОЗНАЧАЄ «НУЛЬОВІ ВИКИДИ ДО 2030 АБО 2050 РОКУ»

Погоріла К.В., Колосок І.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ціль чистого нуля – це зобов'язання скоротити глобальні викиди до чистого нуля, що означає, що всі викиди або унеможливлюються, або компенсуються діяльністю, яка видаляє парникові гази з атмосфери. Це амбітна мета, яка вимагає від бізнесу, урядів та громадян спільної роботи, щоб скоротити викиди та внести зміни до способів виробництва, використання та споживання енергії. Якщо ці зміни будуть реалізовані, можна досягти чистого нуля до 2050 року.

Досягнення мети чистого нуля вимагатиме глобальної співпраці, а також змін у способах виробництва та використання енергії. Кінцева мета нульових викидів може бути досягнута за допомогою справжніх зобов'язань щодо нульового рівня викидів, прозорих зобов'язань щодо нульового рівня викидів, правильних стратегій декарбонізації та державної політики. Працюючи разом над досягненням цієї мети, можливо обмежити потепління та пом'якшити пов'язані з ним наслідки.

Метою, до якої прагнуть певні компанії, є досягнення нульового рівня викидів до 2030 року, тоді як більшість країн взяли на себе зобов'язання досягти нульового рівня викидів до 2050 року. Ще одне зобов'язання до 2030 року, про яке ми чуємо, – це компанії, які мають за мету вдвічі скоротити свої викиди до 2030 року та ліквідувати їх у наступному десятилітті (рис. 1) [1].

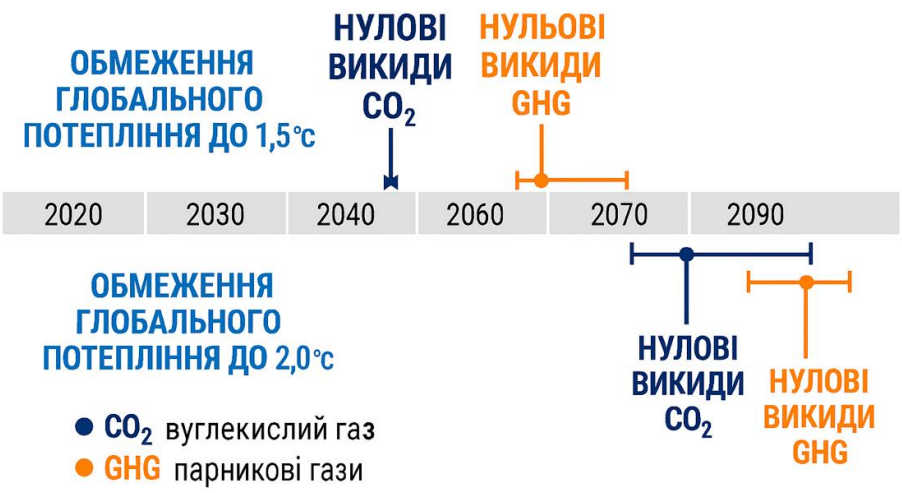


Рис. 1. Глобальний графік досягнення нульових викидів

За даними Організації Об'єднаних Націй, понад 140 країн, включаючи найбільших забруднювачів – Китай, Сполучені Штати, Індію та Європейський Союз – встановили мету нульового викиду, що охоплює близько 88 % глобальних викидів. Понад 9000 компаній, понад 1000 міст, понад 1000 навчальних закладів та понад 600 фінансових установ приєдналися до Race to Zero (Перегони до нуля), пообіцявши вжити жорстких і негайних заходів, щоб удвічі скоротити глобальні викиди до 2030 року.

Суринам і Бутан в даний час мають негативні викиди, що означає, що вони поглинають більше CO^2, ніж виробляють, оскільки вони в основному лісисті невеликі країни. Вони віддають перевагу більш природному способу життя без високорозвиненої інфраструктури.

Окремі особи, компанії та цілі країни можуть досягти нульового рівня викидів разом. Випереджаючи політику зараз, буде легше адаптуватися, як тільки вона буде введена в дію, а оскільки так багато країн підписали угоду про боротьбу зі зміною клімату, закони будуть з'являтися. Діяти крок за кроком – це ключ до успіху. Необхідно:

- до 2050 року кожна країна повинна мати 70-85 % відновлюваних джерел енергії для отримання енергії;
- змінити вид палива, який використовується для транспортування;
- збільшити використання чистого громадського транспорту;
- перейти на екологічно чисті транспортні засоби на електричному та природному газі;
- розпочати модернізацію старих будівель із застосуванням зелених технологій;
- підвищити енергоефективності будівель та домогосподарств;
- збільшити використання технологій уловлювання та зберігання вуглецю;

- створити стимули для компаній скорочувати викиди;
- збільшити виробництво та використання біопалива;
- захищати ліси, створювати природоохоронні території та відновлювати деградовані землі [1].

Це лише деякі кроки, які країни та компанії можуть зробити, щоб скоротити викиди та досягти чистого нуля.

Понад 110 країн вже розпочали реалізацію своїх стратегій. Найважливішими аспектами стали енергетика, будівлі, на які припадає приблизно 40 % усіх викидів вуглецю та транспортні рішення.

Список використаних джерел

1. What Is Net Zero? URL: https://net0.com/blog/net-zero

УДК 656.131:629.067

АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ ТА АВАРІЙНОСТІ ЗА 6 МІСЯЦІВ 2025 РОКУ В УКРАЇНІ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Корнійчук М.В., Колосок І.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно статистичних даних протягом 6 місяців 2025 року на автошляхах України сталося 1795 дорожньо-транспортних пригод (далі – ДТП) за участю ліцензованого автомобільного транспорту, який надає послуги з перевезення пасажирів, небезпечних вантажів та небезпечних відходів, міжнародних перевезень пасажирів та вантажів, в яких 93 особи загинули та 687 осіб отримали травми (рис. 1).

Порівнюючи абсолютні показники аварійності на ліцензованому автомобільному транспорті видно, що за 2025 рік кількість ДТП за участю транспортних засобів ліцензованих автомобільних автоперевізників збільшилась, у порівнянні з відповідним періодом 2024 року, на 1 % (з 1777 до 1795 ДТП). Також, спостерігається збільшення тяжкості наслідків від ДТП, кількість загиблих осіб за участю водіїв ліцензованого транспорту збільшилась на 43,1 % (з 65 до 93 осіб). Так, з 93 осіб, які загинули в результаті настання ДТП, 32 особи загинули в результаті настання ДТП з вини водіїв ліцензованого транспорту. Кількість травмованих осіб за участю водіїв ліцензованого транспорту збільшилась на 29,6 % (з 530 до 687 осіб). Із зазначеної кількості ДТП з вини водіїв ліцензованого автомобільного транспорту за вказаний період сталось 1116 дорожньо-транспортних пригод, в яких 32 особи загинули, а 381 особа отримала травми різного ступеня тяжкості.

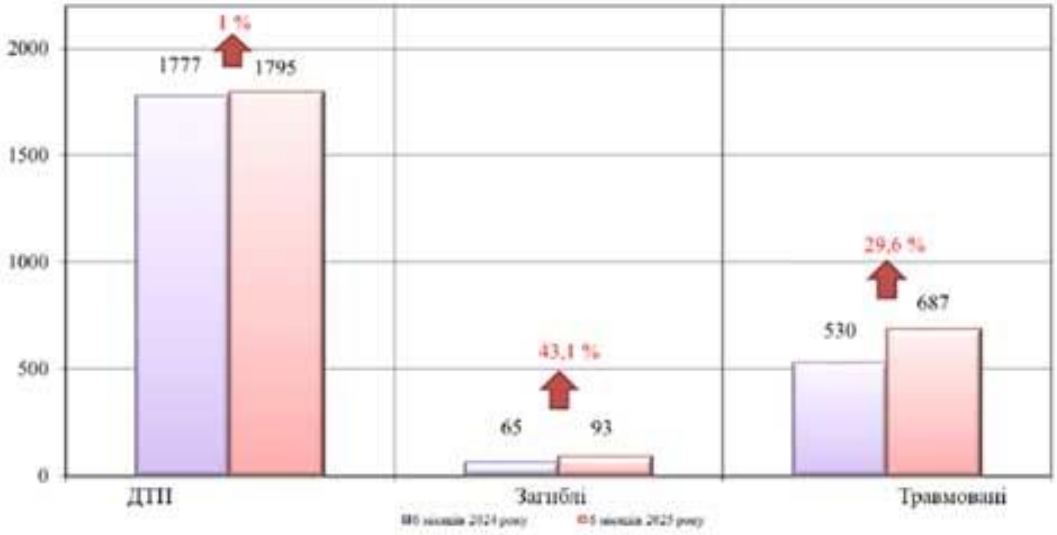


Рис. 1. Порівняння загальної кількості ДТП за участю водіїв ліцензованого автомобільного транспорту

За аналогічний період 2024 року на автодорогах України з вини водіїв ліцензованого автомобільного транспорту допущено 1103 дорожньо-транспортних пригод, в яких 27 осіб загинули та 264 особи отримали травми.

Таким чином рівень аварійності з вини водіїв ліцензованого автомобільного транспорту збільшився на 1,2 %, кількість загиблих у ДТП осіб збільшилась на 18,5 %, кількість травмованих збільшилась на 17,7 %.

З вини водіїв автобусів за 6 місяців 2025 року сталось 378 дорожньо-транспортних пригод, в яких 13 осіб загинули та 276 осіб отримали травми. За 6 місяців 2024 року сталось 492 дорожньо-транспортні пригоди, у яких 7 осіб загинули та 190 осіб отримали травми. З вини водіїв вантажних автомобілів за 6 місяців 2025 року сталось 700 дорожньо-транспортні пригоди, в яких 17 осіб загинули та 73 особи отримали травми. За 6 місяців 2024 року сталося 600 дорожньо-транспортних пригод, в яких 18 осіб загинули та 66 осіб отримали травми. З вини водіїв легкових автомобілів (таксі) за 6 місяців 2025 року сталося 38 дорожньо-транспортних пригод, в яких 2 особи загинули та 32 особи отримали травми. За 6 місяців 2024 року сталось 11 дорожньо-транспортних пригод, в яких теж 2 особи загинули, та 8 осіб отримали травми. Також за 6 місяців 2025 року сталося 8 пожеж на автомобільному транспорті загального користування.

Проведений аналіз аварійності показав, що основними причинами настання цих дорожньо-транспортних пригод є:

- порушення правил маневрування (33,4 %);
- недотримання дистанції та інтервалу руху (31 %);
- перевищення швидкості руху (27,4 %);
- порушення правил проїзду перехресть (3,6 %);
- порушення правил обгону та/або виїзду на смугу зустрічного руху

(1,8 %);

- експлуатація технічно несправних транспортних засобів (1,3 %);
- порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту (0,7 %);
- керування у нетверезому стані (0,5 %);
- сон за кермом (0,2 %);
- порушення правил проїзду залізничних переїздів (0,1 %).

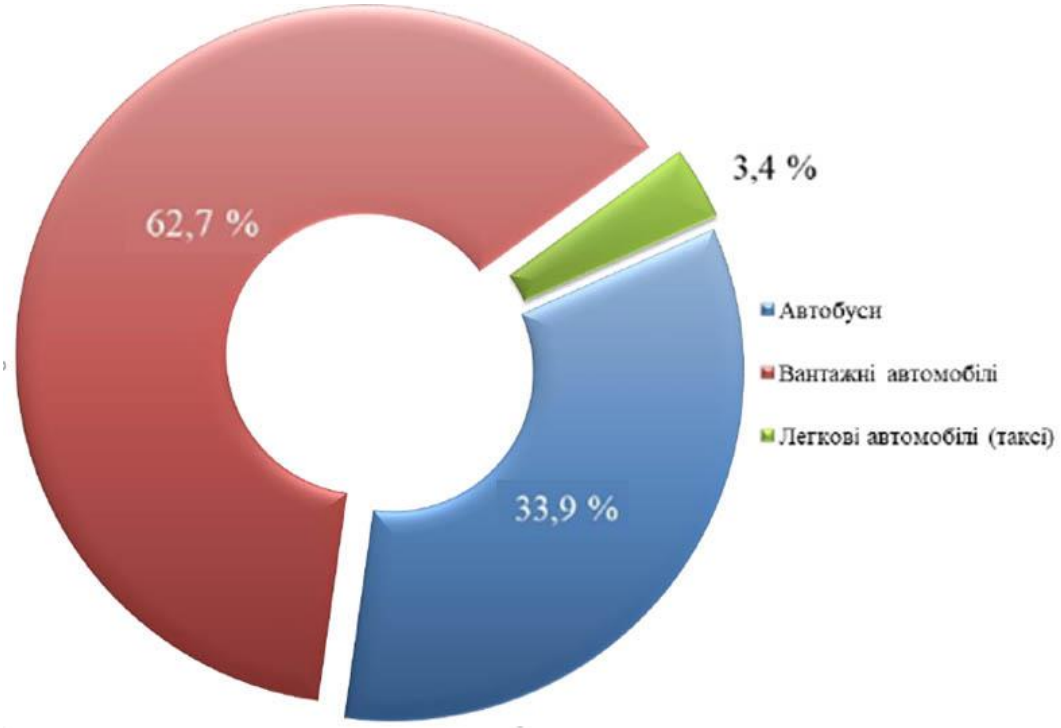


Рис. 2. Відсоткове співвідношення кількості ДТП з вини водіїв

Аналіз аварійності за видами ДТП засвідчив, що найбільша кількість ДТП – 35,1 % становлять бокові зіткнення; 27,5 % ДТП сталися в результаті попутного зіткнення; 12.2 % ДТП сталися в результаті наїзду на перешкоду (огорожі, бордюри, дерева та інші нерухомі предмети); 9,9 % ДТП сталися в результаті зустрічного зіткнення; у 3,8 % ДТП зафіксований наїзд на транспортний засіб, що стоїть; у 3,4 % ДТП зафіксовано перекидання автотранспортних засобів; 3,2 % ДТП становлять наїзди на пішоходів; 2 % ДТП становлять наїзди на веломототранспорт; у 1,5 % ДТП зафіксовані падіння пасажирів; 0,8 % ДТП становлять падіння вантажу; 0,4 % ДТП становлять наїзди на тварин; 0,1 % ДТП становлять зіткнення із залізничним транспортом; 0,1 % ДТП становлять наїзди на гужовий транспорт [1].

Список використаних джерел

1. Аналіз стану безпеки руху та аварійності на наземному транспорті в Україні за 6 місяців 2025 року. URL: https://dsbt.gov.ua/diialnist/bezpeka-na-transporti/pro-stan-avariinosti-na-nazemnomu-transporti-v-ukraini-za-6-misiatsiv-2025-roku

УДК 621.313:629.067

АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ ТА АВАРІЙНОСТІ ЗА 6 МІСЯЦІВ 2025 РОКУ В УКРАЇНІ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Кравчук А.С., Колосок І.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно зі статистичними даними протягом 6 місяців 2025 року за участю трамвайних вагонів і тролейбусів підприємств міського електричного транспорту сталася 284 ДТП, в яких 7 осіб загинули та 60 отримали травми (рис. 1.).

За 6 місяців 2024 року на цьому виді транспорту сталося 381 ДТП за участю трамвайних вагонів і тролейбусів підприємств міського електричного транспорту, в яких 5 осіб загинули та 103 особи отримали травми.

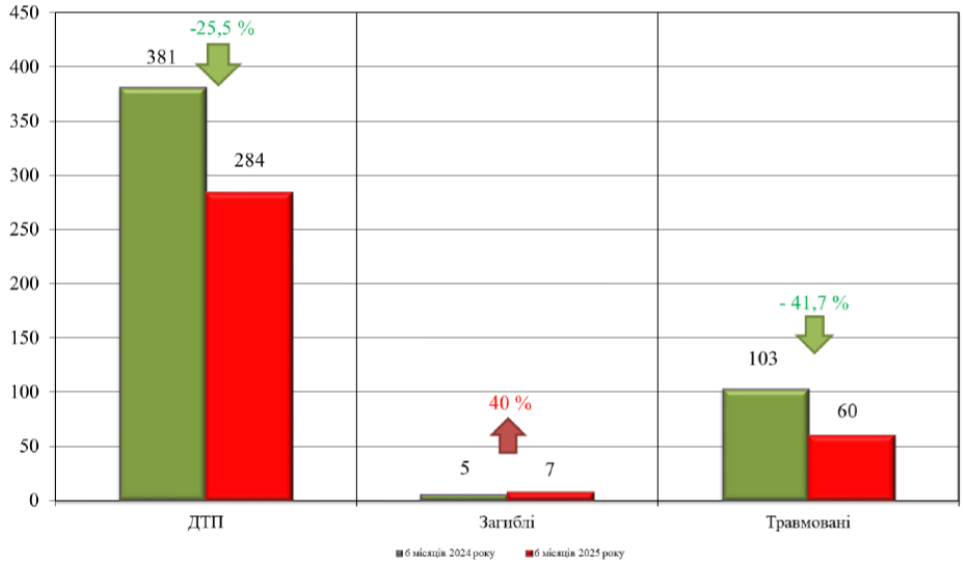


Рис. 1. Показники аварійності за участю водіїв міського електричного транспорту

Тобто, порівнюючи абсолютні показники аварійності на міському електричному транспорті видно, що за 6 місяців 2025 року кількість ДТП за участю транспортних засобів підприємств міського електричного транспорту зменшилась на 25,5 % у порівнянні з відповідним періодом 2024 року, кількість загиблих осіб збільшилась на 40 %, а кількість травмованих осіб зменшилась на 41,7 %. При цьому, за 6 місяців 2025 року з вини водіїв рухомого складу транспортних засобів міського електричного транспорту сталося 98 ДТП, в яких 1 особа загинула та 22 особи отримали травми, тоді як за 6 місяців 2024 року з вини таких водіїв сталося 148 ДТП, в яких 1 особа

загинула та 50 осіб отримали травми.

Протягом 6 місяців 2025 року з вини водіїв рухомого складу транспортних засобів міського електричного транспорту кількість ДТП зменшилась на 33,8 %, кількість загиблих осіб в результаті цих ДТП залишилась однаковою, а саме 1 особа, та кількість травмованих осіб зменшилась на 56 % (рис. 2).

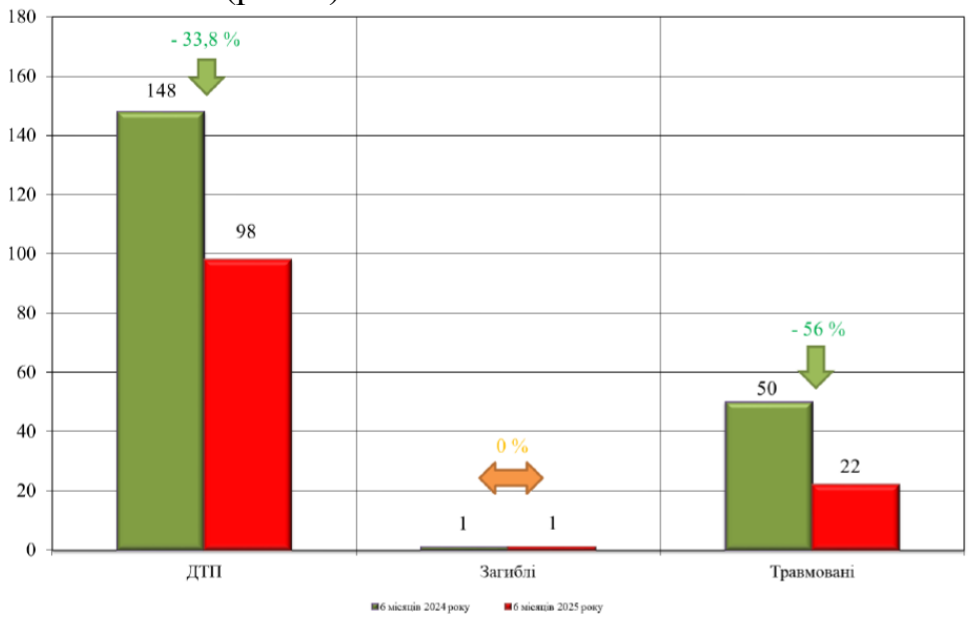


Рис. 2. Показники аварійності з вини водіїв міського електричного транспорту

Якщо розподілити всі транспортні засоби міського електричного транспорту за видами, то з вини водіїв тролейбусів за 6 місяців 2025 року допущено 79 ДТП, що на 28,8% менше від кількості ДТП, допущених водіями тролейбусів за 6 місяців 2024 року. У цих ДТП кількість загиблих залишилася на одному рівні, а саме 1 загибла особа, та отримали травми 14 осіб, проти 41 особи, що на 65,9% менше ніж у відповідному періоді 2024 року.

При цьому, з вини водіїв трамвайних вагонів за 6 місяців 2025 року допущено 19 ДТП, що на 48,6% менше від кількості ДТП, допущених водіями трамвайних вагонів у відповідному періоді 2024 року. У цих ДТП жодної особи не загинуло та отримали травми 8 осіб проти 9 травмованих у відповідному періоді 2024 року.

Також за 6 місяців 2024 року на рухомому складі міського електричного транспорту сталася 1 пожежа.

Аналіз аварійності за видами ДТП засвідчив, що найбільша кількість ДТП на міському електричному транспорті – 35,5 % зафіксовані бокові зіткнення транспортних засобів; у 33,3 % ДТП становлять попутні зіткнення; 9,7 % ДТП становлять наїзди на перешкоду; 7,5 % ДТП становлять падіння пасажирів; 6,5 % ДТП становлять наїзд на транспортний

засіб, що стоїть; 4,3 % ДТП становлять наїзди на пішоходів; 3,2 % ДТП становлять зустрічні зіткнення транспортних засобів.

Проведений аналіз аварійності показав, що основними причинами настання цих дорожньо-транспортних пригод є: недотримання дистанції та інтервалу руху (39,8 %); перевищення швидкості руху (25,5 %); порушення правил маневрування (17,4 %); експлуатація технічно несправних транспортних засобів (9,2 %); порушення правил проїзду перехресть (6,1 %); порушення правил проїзду зупинок громадського транспорту (2 %) [1].

Список використаних джерел

1. Аналіз стану безпеки руху та аварійності на наземному транспорті в Україні за 6 місяців 2025 року. URL: https://dsbt.gov.ua/diialnist/bezpeka-na-transporti/pro-stan-avariinosti-na-nazemnomu-transporti-v-ukraini-za-6-misiatsiv-2025-roku

УДК 656.052.44

ЗНИЖЕНННЯ ШВИДКОСТІ НА ДОРОГАХ У ЄВРОПІ

Клімов М.С., Колосок І.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Швидкість є основним фактором загальних показників безпеки дорожнього руху. Надмірна і невідповідна швидкість є причиною, приблизно, третини зіткнень зі смертельними наслідками і є обтяжуючим фактором у більшості зіткнень. 2100 життів можна було б врятувати щороку, якби середня швидкість знизилася лише на 1 км/год. на всіх дорогах ЄС.

У ЄС 37 % усіх смертей відбувається на міських дорогах. Серед країн, які контролюють рівень дотримання швидкості на міських дорогах, від 35% до 75% спостережень показали, що дозволена швидкість руху перевищується.

55 % усіх смертей на дорогах в ЄС відбувається на сільських дорогах. Обмеження швидкості на сільських дорогах різняться в різних країнах-членах ЄС. Більшість країн зі значно нижчим рівнем смертності на дорогах, ніж у середньому по ЄС (50 смертей на мільйон жителів), застосовують обмеження швидкості 70 км/год. або 80 км/год. на сільських дорогах. Серед країн, що відстежують швидкість на сільських дорогах, від 9% до 63% спостережень за швидкістю транспортних засобів показали, що дозволена швидкість руху перевищується.

У середньому 8 % усіх смертей на дорогах в ЄС відбувається на автомагістралях (рис. 1). Від 23% до 59% спостережень за швидкістю руху

транспортних засобів показали, що дозволена швидкість перевищується.

Вибір швидкісного режиму є критично важливим показником, що визначає безпечну швидкість руху для різних типів доріг. Яка швидкість вважається безпечною, залежить від конструкції дороги та її функції, інтенсивності руху, складу трафіку та можливих типів конфліктів.

Як показує досвід, не існує єдиного заходу щодо зниження швидкості для всіх типів доріг. Держави-члени та інституції ЄС надають пріоритет низці інтегрованих заходів, які разом забезпечують безпечну швидкість руху учасників дорожнього руху. Ці заходи включають безпечні та достовірні обмеження швидкості, які підтримуються сучасними дорогами, транспортними засобами, які допомагають водіям дотримуватися обмежень швидкості, суворішими законами, ефективною діяльністю з дотримання правил дорожнього руху та навчанням користувачів дорожнього руху.

Зокрема, технологія Intelligent Speed Assist (ISA) є обов'язковою для всіх нових автомобілів на континенті, починаючи з 7 липня 2024 року. Технологія ISA використовує GPS, камери та картографічні дані для визначення обмеження швидкості; попереджає водія про перевищення швидкості через звукові, візуальні сигнали або навіть опір педалі газу; водій може тимчасово вимкнути систему, але вона автоматично активується при наступному запуску авто. Дослідження показують, що ця єдина технологія може допомогти досягти високого рівня дотримання обмежень швидкості і в кінцевому підсумку скоротити смертність на дорогах на 20% [2]. Повідомляється, що Європейська рада з безпеки на транспорті (ETSC) лобіювала зниження потужності двигуна, коли автомобіль досягає дозволеного ліміту, але автомобільна промисловість відмовилася. Це означає, що водії й надалі зможуть використовувати максимальну потужність двигуна [1].

Автомобілі, що продаються в Північній Америці, в даний час не мають ISA, але Національна адміністрація безпеки дорожнього руху Америки (NHTSA) і Страховий інститут безпеки дорожнього руху (IIHS) закликають до його введення. І його поява протягом наступних кількох років здається ймовірною, враховуючи, що США нещодавно прийняли закон, який вимагає від усіх автомобілів мати системи автоматичного екстреного гальмування до 2029 року [3].

Список використаних джерел

1. Технологія контролю швидкості стане обов’язковою для всіх нових авто у Європі. URL: https://auto.24tv.ua/tekhnolohiia_ kontroliu_ shvydkosti_stane_oboviazkovoiu_dlia_vsikh_novykh_avto_u_yevropi_n54929

2. Reducing Speeding in Europe. URL: https://etsc.eu/reducing-speeding-in-europe-pin-flash-36/

3. Speed Scolding Tech Mandatory For All New Cars In Europe Next Week. URL: https://www.carscoops.com/2024/07/speeding-in-europe-gets-harder-from-next-week/

УДК 339.18:339.923:061.1

АСПЕКТИ РАМКОВОЇ УГОДИ ПРО ВЗАЄМНУ, СПРАВЕДЛИВУ ТА ЗБАЛАНСОВАНУ ТОРГІВЛЮ МІЖ СПОЛУЧЕНИМИ ШТАТАМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМ СОЮЗОМ

Кошара М.І., Колосок І.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сполучені Штати та Європейський Союз оголосити, що вони домовилися про Рамкову угоду про взаємну, справедливу та збалансовану торгівлю (“Рамкова угода”, серпень 2025 р.). У спільній заяві щодо рамкової угоди між Сполученими Штатами та Європейським Союзом щодо угоди про взаємну, справедливу та збалансовану торгівлю, зокрема, зазначається, що Сполучені Штати та Європейський Союз зобов'язуються працювати разом над зменшенням або усуненням нетарифних бар'єрів. Що стосується автомобілів, то Сполучені Штати і Європейський Союз мають намір прийняти і забезпечити взаємне визнання стандартів один одного. Співробітництво в галузі стандартів відіграє вирішальну роль у зміцненні трансатлантичного ринку. Європейський Союз та Сполучені Штати зобов'язуються розширювати можливості технічного співробітництва між організаціями з розробки стандартів, що базуються в ЄС та США, з метою визначення та розробки стандартів для трансатлантичного ринку в ключових секторах, що становлять взаємний інтерес [2].

Антоніо Авенозо, виконавчий директор Європейської ради з безпеки на транспорті, зазначив: “Підписавшись під взаємним визнанням стандартів транспортних засобів зі Сполученими Штатами, Європейський Союз розмахував білим прапором безпеки дорожнього руху. Це не технічна деталь – це політичний вибір, який ставить зручність торгівлі вище за порятунок життів. Обов'язкові вимоги Європи до технологій порятунку життя, таких як автоматичне екстрене гальмування, допомога в утриманні смуги руху та захист пішоходів, зробили наші автомобілі безпечнішими, а дороги менш смертоносними. Жоден із цих засобів захисту не гарантується правилами США. Допуск американських транспортних засобів на ринок ЄС на основі "взаємного визнання" стандартів є зрадою лідерства Європи у сфері безпеки, і це коштуватиме життів. Тепер Європа ризикує бути затопленою негабаритними, недостатньо регульованими американськими пікапами та позашляховиками – транспортними засобами, які є важчими, небезпечнішими для інших водіїв автомобілів, пішоходів та велосипедистів і повністю не відповідають баченню Європи щодо більш безпечної та сталої мобільності” [1].

Ще 24 липня 2025 року Антоніо Авенозо, виконавчий директор Європейської ради з безпеки на транспорті та низка інших фахівців

зазначили, що існує глибока стурбованість щодо торгівельної угоди між урядами Японії та Сполучених Штатів, яка скасовує внутрішні вимоги Японії щодо тестування безпеки для автомобілів американського виробництва, що експортуються до Японії. Цей крок створює небезпечний прецедент, який може підірвати безпеку дорожнього руху в країнах, які є світовими лідерами в регулюванні автомобільної безпеки. Дозволяючи транспортним засобам обходити перевірені національні стандарти безпеки заради доцільності торгівлі, ми ризикуємо повернути час назад на десятиліття прогресу в зниженні смертності на дорогах і серйозних травм, зазначають фахівці. Звіти вказують на те, що Японія тепер дозволить американським транспортним засобам входити на свій ринок без спеціальних японських краш-тестів або вимог безпеки [3].

ЄС послідовно приймає одні з найефективніших у світі правил безпеки транспортних засобів, кульмінацією яких є Загальний регламент безпеки, який діє в даний час. Ці правила передбачають такі обов'язкові технології, як автоматичне екстрене гальмування, інтелектуальна допомога при перевищенні швидкості та захист пішоходів, які в даний час не потрібні для транспортних засобів, що продаються в США.

Список використаних джерел

1. ETSC: Mutual recognition deal with U.S. will cost lives on Europe’s roads. URL: https://etsc.eu/etsc-mutual-recognition-deal-with-u-s-will-cost-lives-on-europes-roads/

2. Joint Statement on a United States-European Union framework on an agreement on reciprocal, fair and balanced trade. URL: https://policy.trade.ec.europa.eu/news/joint-statement-united-states-european-union-framework-agreement-reciprocal-fair-and-balanced-trade-2025-08-21_en

3. Joint Statement: EU Must Not Follow Japan’s Lead on Vehicle Safety in Trade Talks with the U.S. URL: 3. https://etsc.eu/joint-statement-eu-must-not-follow-japans-lead-on-vehicle-safety-in-trade-talks-with-the-u-s/

УДК 378:37

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Диня В.І.
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Транспортування зерна є однією з найважливіших ланок технологічного процесу на зернопереробних підприємствах. Від ефективності систем подачі, переміщення і розподілу зернової маси

залежить ритмічність роботи основного обладнання, втрати продукції, енерговитрати та якість кінцевого продукту.

Сучасні вимоги до машин для транспортування зерна полягають у забезпеченні безперервності потоку, збереженні якості зерна, мінімізації пошкоджень, підвищенні надійності й автоматизації процесів. В умовах зростання обсягів виробництва, модернізації елеваторних комплексів і впровадження цифрових систем керування технологічними процесами особливого значення набуває технологічний розвиток транспортних машин.

У сучасній зернопереробній промисловості застосовують різні типи транспортних машин: стрічкові, шнекові, скребкові, ковшові (норії) та пневматичні транспортери. Кожен тип має свої переваги, недоліки та сферу ефективного використання.

Широко використовуються для горизонтального або похилого переміщення зерна на значні відстані стрічкові транспортери. Їхня перевага — висока продуктивність, плавність роботи, відносно невелика енергоємність. Основними напрямами розвитку таких транспортерів є застосування полімерних і армованих стрічок, що зменшують масу та підвищують зносостійкість, а також інтеграція датчиків натягу і зносу.

Для переміщення зерна в горизонтальній або похилій площині використовують шнекові транспортери, їхня конструкція забезпечує компактність і герметичність процесу, проте супроводжується певним травмуванням зерна. В свою чергу скребкові транспортери (ланцюгові) забезпечують переміщення зерна по жолобах із використанням ланцюгових приводів. Вони відзначаються високою надійністю та придатністю до роботи в запилених умовах. Новітні конструкції мають герметичні корпуси, системи самозмащення і датчики контролю швидкості руху.

Ковшові елеватори (норії) призначені для вертикального підйому зерна. Сучасні норії комплектуються полімерними ковшами, що знижують травмування зерна і рівень шуму. Впровадження автоматизованих систем керування дозволяє здійснювати дистанційний контроль за швидкістю руху стрічки, температурою підшипників та завантаженням приводу.

Пневматичні транспортери базуються на використанні повітряного потоку для транспортування зерна трубопроводами. Їхні переваги — гнучкість траси, мінімальний контакт із зерном і можливість роботи у важкодоступних місцях. Розвиток цього напрямку зосереджений на вдосконаленні компресорних установок, зниженні енергоспоживання та зменшенні шуму.

У сучасному виробництві спостерігається низка тенденцій, що визначають напрям технологічного розвитку машин для транспортування, а саме: енергозбереження, автоматизація та цифровізація процесів, модульність і уніфікація конструкцій, збереження якості зерна, екологічна безпека та сучасні інноваційні рішення в галузі.

Розвиток інженерних технологій відкриває нові можливості для вдосконалення машин транспортування зерна. Зокрема, застосовуються сенсорні системи контролю потоку, які фіксують швидкість, масу та вологість зерна в режимі реального часу; системи віддаленого моніторингу, що дозволяють керувати роботою транспортерів через мережу Інтернет; інтелектуальні алгоритми керування, які автоматично регулюють параметри роботи залежно від властивостей зернової маси, та використання композитних матеріалів, що поєднують легкість і високу міцність, стійкість до корозії та абразивного зношування.

Подальший розвиток транспортних машин для зернопереробних підприємств передбачає:

- впровадження *інтелектуальних систем керування*, які дозволять створювати адаптивні транспортні мережі з автоматичним розподілом потоків;
- *інтеграцію з інформаційними системами підприємства (ERP, SCADA)* для централізованого контролю та планування роботи всіх технологічних ланок;
- *використання альтернативних джерел енергії*, зокрема сонячних установок для живлення електроприводів;
- *розробку самодіагностичних систем*, здатних прогнозувати технічний стан вузлів на основі аналізу даних сенсорів;
- *створення транспортних систем замкненого циклу*, що забезпечать повну герметизацію процесу, мінімальні втрати зерна та відповідність вимогам харчової безпеки.

Технологічний розвиток машин для транспортування зерна є важливим чинником підвищення ефективності роботи зернопереробних підприємств. Сучасні тенденції спрямовані на зниження енерговитрат, підвищення надійності, автоматизацію та цифровізацію процесів. Впровадження інтелектуальних систем керування, сенсорного моніторингу та енергоощадних технологій відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та якості обробки зернової продукції.

Перспективним напрямом подальших досліджень є створення інтегрованих автоматизованих систем транспортування зерна, які поєднують механічні, пневматичні та гідравлічні принципи переміщення, забезпечуючи комплексну ефективність і гнучкість у роботі сучасних зернопереробних підприємств.

Список використаних джерел

1. О. В. Дацишин, А. І. Ткачук и О. В. Гвоздєв, Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв, Вінниця: "Нова книга", 2008р. 468.

2. Обладнання для транспортування зерна під час зберігання. URL: https://agroexpert.ua/obladnannia-dlia-transportuvannia-zerna-pid-chas-zberihannia/ (дата звернення: 24.09.2025).

3. Транспортер скребковий ТСО.URL: https://olis.com.ua/oborudovanie /transportne/ transporter-skrebkovy-tso/ (дата звернення: 30.09.2025).

4. Устаткування для зернових культур ТОВ "ССС". URL: http://ccc.od.ua/ (дата звернення: 30.09.2025).

УДК 656.073

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Опалко В.Г.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сільськогосподарська продукція, зокрема урожай зернових і зернобобових культур, цукрових буряків, має стратегічне значення, визначає продовольчий потенціал країни, забезпечує її продовольчу безпеку.

Одним із ключових чинників своєчасного збору врожаю є ефективне транспортне забезпечення. Транспорт виконує функцію зв’язуючої ланки в системі виробництва та реалізації сільгосппродукції, а його безперебійна робота прямо впливає на дотримання технологічних строків збирання і в остаточному підсумку на врожайність сільськогосподарських культур. Затримка в проведенні транспортних робіт впливає на простої збиральної техніки, псування або зниження якості продукції, порушення технології виробництва.

У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовується триланкова технологія транспортування урожаю зернових та зернобобових культур, яка передбачає переміщення врожаю по ланцюгу: комбайн – бункер-перенавантажувач – зерновоз. Бункери-перенавантажувачі (накопичувачі) забезпечують прийом зерна від комбайна в полі і транспортування його на край поля з подальшим перевантаженням в зерновози.

При збиранні врожаю цукрових буряків існує три схеми їх транспортування: потокова, перевалочна та потоково-перевалочна. На сьогодні найчастіше застосовується потоково-перевалочна схема, яка поєднує в собі потокову і перевалочну системи, коли частина буряків безпосередньо вивозиться на приймальний пункт цукрового заводу, а частина вивантажується в тракторні причепи і перевозиться на край поля, укладається в бурти або кагати, звідки вивозиться на завод.

Під час збирання врожаю навантаження на транспортні засоби зростають. Найбільша кількість продукції, як правило, перевозиться від

поля до зернотоку, коли урожай перевозиться на відстань 5-9 км, в різних, часто незадовільних дорожніх умовах.

Найбільш раціональне використання автотранспорту досягається при організації збирально-транспортних загонів. Групове використання техніки сприяє оперативному, в короткі терміни виконанню робіт, підвищенню ефективності використання техніки і паливно мастильних матеріалів , зростанню продуктивності праці і, відповідно, зниженню собівартості продукції. Досягається це за рахунок використання у транспортно-логістичному процесі сучасних технологій: GPS-трекерів, програмного забезпечення, додатків, які оптимізують перевезення.

Для вивезення урожаю з поля до складу або сховища в межах технологічного процесу використовуються автомобільні самоскиди, зерновози. Найраціональнішим з точки зору економії ресурсів є використання спеціалізованих автомобілів, які завдяки збільшеним об’ємам кузова забезпечують максимальне навантаження при повному використанні вантажопідйомності шасі. Сучасні зерновози представлені самоскидами та автопоїздами, які забезпечують високу продуктивність, надійність та простоту експлуатації. До найбільш популярних марок належать КрАЗ, TATRA, MAN, Scania, а обсяг перевезення зерна з причепом може сягати понад 25 тонн за один рейс.

Важливою особливістю є те, що внутрішньогосподарські перевезення урожаю проводяться переважно по технологічним дорогам, коли автомобілі працюють в умовах грунтових польових доріг, а нерідко бездоріжжя. Відсутність у багатьох випадках доріг з твердим і рівним покриттям призводить до збільшення коливань кузова автомобіля, недостатньої плавності ходу і як результат, зумовлює збільшення пошкоджень продукції, що перевозиться, зниження довговічності автомобіля та підвищення стомлюваності водія. Великою мірою на стан доріг впливають кліматичні фактори, такі як погодні умови, опади, що погіршують прохідність техніки, призводять до збільшення тривалості перевезення, і в остаточному підсумку впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Вантажопотоки в сільськогосподарських підприємствах характеризуються нерівномірністю в різних напрямках, різко вираженими сезонними коливаннями, одноманітною структурою вантажу, який визначається спеціалізацією підприємства.

Отже, транспортні операції є невід’ємною частиною технологічного процесу на всіх стадіях виробництва сільськогосподарських культур і забезпечують його ефективність.

Список використаних джерел

1. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/stratehiya-staloho-rozvytku-ukrayiny-do-2030-roku

2. Циганенко М., Сировицький К., Романашенко О. Оптимізація процесу збирання та транспортування врожаю зернових культур з використанням бункера-накопичувача, Науковий журнал «Інженерія природокористування», 2(10), с. 87-93. http://enm.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/57

3. Порівняльна характеристика автопоїздів-зерновозів і напівпричепів. URL: https://egritech.org/en/comparative-characteristics-of-grab-trains-and-semitrailers/

УДК 656.7

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ SMART MOBILITY

Клименко С.М., Опалко В.Г.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розумна мобільність (Smart Mobility) є комплексною, технологічно орієнтованою концепцією, що передбачає використання передових цифрових рішень для підвищення безпеки, екологічності та ефективності транспортного процесу. Її сутність полягає у створенні інтелектуальної транспортної системи, де всі елементи — від інфраструктури до користувачів — взаємодіють у єдиному цифровому середовищі. Такий підхід дозволяє оптимізувати перевезення, зменшити затори, скоротити споживання енергії та викиди шкідливих речовин у довкілля.

Концепція Smart Mobility виступає як інтегрована система, що охоплює чотири ключові складові: цифровізацію, електрифікацію, автоматизацію та інтеграцію різних видів транспорту. Цифровізація передбачає впровадження інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), систем штучного інтелекту та аналізу великих даних (Big Data) для моніторингу, управління та прогнозування транспортних потоків. Електрифікація спрямована на заміну традиційних двигунів внутрішнього згоряння електричними, що знижує вуглецевий слід транспортного сектору. Автоматизація реалізується через розвиток автономних транспортних засобів, інтелектуальних систем допомоги водію (ADAS) та безпілотних технологій у логістиці. Інтеграція видів транспорту передбачає створення єдиної транспортної мережі, де користувач може безперешкодно поєднувати різні способи пересування — громадський, приватний, велосипедний, залізничний чи авіаційний транспорт.

У країнах Європейського Союзу Smart Mobility визнана наріжним каменем транспортної політики, спрямованої на досягнення стратегічних

цілей Європейського Зеленого Курсу (European Green Deal). Одним із головних завдань цієї політики є скорочення викидів парникових газів від транспортного сектору на 90% до 2050 року. Крім того, концепція розумної мобільності активно підтримує процес цифрової трансформації транспортної галузі, сприяє підвищенню конкурентоспроможності європейських економік та формуванню сталих міських і регіональних логістичних систем.

Технологічна основа мобільності базується на конвергенції цифрових рішень:

- IoT (Internet of Things) забезпечує моніторинг трафіку в реальному часі;
- AI (Artificial Intelligence) відповідає за динамічне управління світлофорами та прогнозування заторів;
- Big Data використовується для стратегічного планування транспортних потоків;
- 5G та V2X (Vehicle-to-Everything) гарантують надшвидкий обмін даними між усіма учасниками руху та інфраструктурою.

Успіх Smart Mobility підтверджується конкретними європейськими проєктами.

1. Інтелектуальні Транспортні Системи (ITS): Досвід Дрездена (Німеччина) демонструє, що проєкт "City-wide Intelligent Transport System" завдяки динамічному керуванню світлофорами забезпечує значне зменшення заторів у години пік та оптимізацію графіків руху громадського транспорту.

2. Мобільність як Послуга (MaaS): Концепція, успішно впроваджена у Гельсінкі (Фінляндія) через додаток Whim, інтегрує планування, бронювання та оплату всіх видів транспорту (громадський транспорт, таксі, прокат), пропонуючи гнучку альтернативу володінню особистим автомобілем.

3. Електрифікація Транспорту: Норвегія є світовим лідером завдяки агресивній політиці стимулювання, що включає податкові пільги та масштабний розвиток інфраструктури швидкісних зарядних станцій. В результаті, понад 80% нових автомобілів у країні є електричними.

Наступний етап розвитку – автономний транспорт (безпілотні шатли, дрони-доставники та автоматизована логістика), основною метою якого є мінімізація людського фактора як причини ДТП.

У підсумку, Smart Mobility є фундаментальною необхідністю для сталого та конкурентоспроможного майбутнього ЄС. Її успіх залежить від тісної інтеграції технологій, інфраструктури та державної політики, а кінцева гуманістична мета полягає у створенні екологічного, ефективного та доступного транспорту для підвищення якості життя громадян.

Список використаних джерел

1. Alam, T., Gupta, R., Nasurudeen Ahamed, N. et al. Smart mobility adoption in sustainable smart cities to establish a growing ecosystem: Challenges and opportunities. MRS Energy & Sustainability 11, 316 (2024)
2. A European Green Deal. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640
3. Mobility and Transport. European Commission. URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes_en
4. Sustainable and Smart Mobility Strategy — putting European transport on track for the future. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789
5. РАЗОМ ДО СТАЛОЇ І РОЗУМНОЇ МОБІЛЬНОСТІ! / І. Бондаренко — К.: Екодія, 2021 — 16 с. URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2021/07/razom-do-staloi-mobilnosti.pdf

УДК 656.7

РОЗВИТОК МОБІЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ MAAS: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Корінчук М.В., Опалко В.Г.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасні міста дедалі частіше стикаються з проблемами транспортних заторів, надмірного використання приватних автомобілів і зростанням екологічного навантаження. Одним із сучасних рішень цих проблем є концепція Мобільність як Послуга (Mobility as a Service, MaaS) — інноваційний підхід до організації міських перевезень, який базується на інтеграції різних видів транспорту в єдину цифрову екосистему. Концепція MaaS передбачає зручне планування, бронювання та оплату подорожей через один мобільний додаток, пропонуючи користувачеві гнучку альтернативу володінню власним автомобілем.

MaaS об’єднує громадський транспорт, каршерінг, байкшерінг, таксі та інші сервіси мобільності в єдину цифрову платформу, що забезпечує комплексне управління поїздками. Такий підхід сприяє ефективнішому використанню міської інфраструктури, зменшенню транспортного навантаження й підвищенню якості пересування.

Основними перевагами впровадження MaaS є зниження кількості заторів, економія коштів користувачів порівняно з утриманням приватного автомобіля, скорочення викидів CO_2 завдяки розвитку екологічно чистих

видів транспорту, ефективніше планування транспортної системи на основі аналітики даних і покращення доступності транспорту для всіх категорій населення.

До ключових складових MaaS-платформи належать цифрова інфраструктура (мобільний додаток для маршрутизації, бронювання та оплати), інтеграція транспортних операторів, єдина платіжна система та управління даними, що забезпечує аналітику для оптимізації перевезень і розвитку транспортної мережі.

Європейський досвід підтверджує ефективність впровадження MaaS. У Фінляндії мобільний додаток Whim працює за принципом підписок, інтегруючи громадський транспорт, таксі, прокат автомобілів і велосипедів. У Відні (WienMobil) створено єдиний сервіс, що об'єднує користування метро, трамваями та каршерінгом, з акцентом на екологічність і скорочення шкідливих викидів.

В Україні вже існують передумови для розвитку MaaS, зокрема впровадження електронного квитка, розвиток сервісів каршерінгу й байкшерінгу, а також наявність мобільних додатків для відстеження транспорту в реальному часі (EasyWay, Google Maps). Основними викликами залишаються модернізація автопарку, стандартизація транспортних даних і координація між муніципалітетами.

Завдяки цифровізації державних послуг, зокрема через платформу «Дія», розвитку «зеленого» транспорту та смарт-інфраструктури, Україна має значний потенціал для впровадження концепції MaaS як складової стратегії сталого міського розвитку. Мобільність як Послуга — це не лише технологічне рішення, а нова парадигма міської мобільності, орієнтована на користувача, ефективність та екологічну стійкість. Її реалізація сприятиме формуванню розумних, безпечних і сталих транспортних систем, що забезпечать модернізацію українських міст і підвищення якості життя населення.

Список використаних джерел

1. Вовк Ю.Я., Вовк І.П., Худобей Р.В., Питлик С.В., Вовк Я.Ю. Мобільність як послуга (MaaS): доцільність впровадження у малих міських або сільських районах // VI Міжнародній науково-практичній конференції "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту. Innovative technologies for the development and efficiency of road transport", 22-24 листопада 2023 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 250 с. - С. 105-106.

2. MaaS — Вікіпедія. – Електронна енциклопедія

3. RoleCatcher. Мобільність як послуга: вичерпний посібник із оволодіння трансформаційними навичками. – Київ: 2024. – 18 с.

4. MaaS – Mobility as a service. https://www.iru.org/who-we-are/where-we-work/europe/maas-mobility-service

5. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text

6. Транспорт і зв'язок України за 2023 рік: статистичний збірник. Державна служба статистики України. – Київ: ДССУ, 2024. – 256 с.

УДК 656.07

МОБІЛЬНІСТЬ НА ВИМОГУ ЯК СКЛАДОВА КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО МІСТА ТА НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Манько К.В., Опалко В.Г.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мобільність на вимогу (Mobility on Demand, MoD) є сучасною концепцією організації міських перевезень, що радикально змінює підхід до пересування в урбанізованому середовищі. Основна ідея полягає у тому, що транспорт розглядається не як власність, а як послуга, якою користувач може скористатися саме тоді, коли це потрібно. Такий підхід відповідає принципам сталої мобільності та розвитку "розумних міст", де ключовими є ефективність, екологічність і зручність транспортних рішень.

Система MoD базується на інтеграції різних видів транспорту — громадського, індивідуального, шерингового та мікромобільного — в єдиний цифровий простір. У межах одного мобільного застосунку користувач має змогу спланувати маршрут, порівняти варіанти за часом, вартістю або рівнем екологічності, вибрати оптимальний спосіб пересування та здійснити оплату онлайн. Технологічна база, що включає смартфони, GPS, інтернет та безготівкові платежі, забезпечує простоту і доступність користування транспортними послугами.

Впровадження концепції мобільності на вимогу має низку соціально-економічних і екологічних переваг. Для населення — це економія коштів і часу, відсутність потреби у володінні власним автомобілем, підвищення комфорту пересування. Для міських громад — це зниження рівня заторів, скорочення шкідливих викидів, оптимізація використання міського простору, зменшення паркувального навантаження та покращення якості міського середовища.

Європейський досвід засвідчує високу ефективність застосування систем MoD. У Гельсінкі (Фінляндія) впроваджено застосунок Whim, який об'єднує всі види транспорту в єдину систему доступу за допомогою місячної підписки. Користувач може без обмежень користуватися автобусами, метро, таксі чи орендованим автомобілем. У Берліні

(Німеччина) функціонує сервіс Jelbi, який поєднує громадський транспорт, каршеринг, прокат велосипедів і самокатів у межах одного цифрового середовища, що значно спрощує процес планування поїздок і підвищує ефективність міської транспортної мережі.

В Україні система мобільності на вимогу лише формується, однак окремі її елементи вже активно розвиваються. Такі сервіси, як Uklon, Bolt і Uber, є прикладами транспортних рішень на вимогу, які дозволяють викликати автомобіль у потрібний момент. Платформи Getmancar і Bolt Drive пропонують короткострокову оренду автомобілів, а прокат електросамокатів і велосипедів дає можливість швидко дістатися на невеликі відстані без заторів і шкоди довкіллю.

Для ефективного функціонування MoD необхідна тісна взаємодія між міською владою, транспортними операторами та приватними технологічними компаніями. Саме партнерство публічного та приватного секторів забезпечує інтеграцію транспортних систем, стандартизацію тарифів, відкритість даних і створення зручних інтерфейсів для користувачів. Також важливою умовою є розвиток нормативно-правового середовища, яке б регламентувало діяльність транспортних сервісів і гарантувало безпеку та доступність послуг.

Отже, мобільність на вимогу є однією з ключових тенденцій розвитку сучасного міського транспорту. Вона забезпечує раціональне використання ресурсів, сприяє зменшенню екологічного навантаження на міста та формує нову культуру пересування — від володіння до користування. Реалізація цієї концепції в Україні відкриває перспективи створення інтегрованої транспортної екосистеми, що відповідатиме європейським стандартам і сприятиме сталому розвитку міських територій.

Таким чином, впровадження систем MoD є стратегічним напрямом розвитку міської мобільності, який поєднує технологічні інновації, екологічну свідомість та соціальну відповідальність. Це крок до створення комфортних, безпечних і екологічно збалансованих міст майбутнього, де транспорт стає послугою, а мобільність — невід’ємною частиною якості життя кожного мешканця.

Список використаних джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2024 р. № 1550 Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text

2. Why Helsinki's Mobility App, Whim, Is No Fad. https://www.forbes.com/sites/enriquedans/2018/07/18/why-helsinkis-whim-is-no-fad/

3. Berlin's entire public transport and sharing services in just one app. https://www.jelbi.de/en/home/

УДК: 631.82:658.78

ТРАНСПОРТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Дьомін О.А., Тонконог І.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Урожайність всіх сільськогосподарських культур напряму залежить від їх підживлення, основною частиною якого є технологічний процес внесення добрив. При цьому дуже важливу роль грає транспортна складова. Це стосується як органічних так і мінеральних добрив. Якщо органічні добрива потрібно перевозити в основному в межах господарства то тверді мінеральні добрива у великих кількостях необхідно транспортувати до полів господарства від виробника означених добрив. Тому саме транспортування твердих мінеральних добрив є досить складним завданням, що забезпечує один з найважливіших процесів рослинництва.

Під час вантажних перевезень твердих мінеральних добрив потрібно особливо враховувати властивості цього специфічного вантажу який характеризується наступними показниками: щільністю, розміром дрібних частинок, сипкістю, дисперсністю, легкістю, гігроскопічністю, вологістю, коефіцієнтом тертя ковзання та стійкістю до зсувів або розривів. Останнім часом в якості тари для твердих мінеральних добрив все частіше використовуються біг-беги різних розмірів, що являють собою спеціальні мішки із м'якої синтетики в яких зручно перевантажувати і перевозити сипкі матеріали [1].

Переваги біг-бегів можна перелічити наступним чином:

- повністю захищає тверді мінеральні добрива від атмосферних та інших впливів на відкритому повітрі;
- відчутно підвищує ефективність вантажно-розвантажувальних робіт;
- виключає втрату добрив на всіх етапах логістичного ланцюга від виробника до споживача безпосередньо на полі де вони підлягають внесенню;
- мають різноманітну форму об'єм та масу;
- дозволяють механізувати всі технологічні операції від безпосередньої упаковки у біг-бек до вивантаження на розкидачі твердих мінеральних добрив (рис. 2).

Рис. 1. Зовнішній вигляд двопетльового біг-бега

Рис. 2. Завантаження біг-бегів

Біг-беги є найбільш поширеною транспортною тарою при перевезенні твердих мінеральних добрив. Вони бувають одно двох і чотирьох петельні. Петлі на біг-бегах відіграють роль з'єднання із підйомно-транспортними засобами, зокрема кран-маніпулятором та іншими, що дозволяє уникнути використання вантажного обладнання, що призначене для захвату вантажу. Найбільшою популярністю користуються біг-беги з діапазоном об'єму від 0,5 до 1,5 м³, що відповідає ваговим межам від 500 кг до 1,5 т [2].

Список використаних джерел

1. Дьомін О. А., Загурський О. М. Вантажні перевезення : навч. посіб. Київ, 2020. 608 с.

2. Місткість біг бегів, розміри, характеристики Інтернет джерело: https://takles.com.ua/ua/a182291-vmestimost-big-begov.html

УДК 656.078

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ

Кротенко С.П.
Таращанський технічний та економіко-правовий фаховий коледж

Розвиток транспортно-логістичних систем України сьогодні є одним із ключових напрямів підвищення ефективності національної економіки. Сучасна логістика стає не лише інструментом переміщення товарів, а й важливою частиною інфраструктурної політики держави. У зв'язку з воєнними подіями та руйнуванням транспортних шляхів гостро постає питання модернізації транспортної мережі, переорієнтації вантажопотоків та формування альтернативних шляхів експорту. Особливої уваги заслуговує створення інтегрованої транспортно-логістичної системи, яка б поєднувала автомобільний, залізничний, річковий та авіаційний транспорт у єдину цифрову інфраструктуру.

Важливим чинником розвитку логістики є підвищення ефективності митних процедур та спрощення міжнародної торгівлі. Україна активно впроваджує цифрові рішення у сфері митного контролю, такі як електронний документообіг, система «єдиного вікна» та автоматизоване відстеження руху товарів. Це дозволяє скоротити час обробки вантажів, зменшити корупційні ризики та підвищити привабливість країни як транзитного партнера.

Варто відзначити і зростаючу роль екологічної складової у транспортно-логістичній сфері. Європейський курс на зменшення викидів CO_2 стимулює розвиток «зеленої логістики» – використання електричного транспорту, оптимізацію маршрутів, перехід на відновлювані джерела енергії та мінімізацію впливу транспорту на навколишнє середовище. Україна, орієнтуючись на стандарти ЄС, також поступово запроваджує принципи екологічної сталості у транспортній галузі.

У перспективі на розвиток транспортно-логістичних систем впливатиме також впровадження технологій штучного інтелекту, які дозволяють прогнозувати попит, управляти складськими запасами, оптимізувати логістичні ланцюги та забезпечувати прозорість усіх етапів доставки. Використання аналітичних платформ на базі великих даних (Big

Data) сприятиме точнішому плануванню перевезень та ефективнішому використанню ресурсів.

Окремо варто згадати про роль міжнародного партнерства. Європейський Союз підтримує Україну у розвитку транспортних коридорів, зокрема через інтеграцію до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T). Реалізація цих проєктів дає змогу підвищити рівень інтеграції української інфраструктури у європейський простір, забезпечити стабільність логістичних потоків та створити нові можливості для бізнесу.

Підсумовуючи, можна зазначити, що модернізація транспортно-логістичної системи України є одним із ключових завдань економічного відновлення. Її розвиток сприятиме підвищенню конкурентоспроможності українських виробників, створенню нових робочих місць і залученню інвестицій. Злагоджена робота транспортного сектору, цифровізація, екологічність та міжнародна інтеграція формують базу для сталого зростання економіки та її інтеграції до глобальних ринків.

Список використаних джерел

1. Дикань В. Л. Транспортна логістика: сучасні тенденції розвитку. – Харків: УкрДАЗТ, 2020.

2. McKinnon A. Decarbonizing Logistics: Distributing Goods in a Low Carbon World. – London: Kogan Page, 2021.

3. Roso V., Woxenius J., Lumsden K. The dry port concept: connecting container seaports with the hinterland. – Journal of Transport Geography, 2019.

4. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. – Pearson Education, 2020.

5. Крикавський Є. В., Чухрай Н. І. Логістика. Основи теорії. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2018.

УДК 656.078

РОЛЬ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ АУТСОРСИНГУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Савченко Л.А., Диченко Б.О.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У сучасних умовах глобалізації та цифрової трансформації логістичних ланцюгів аутсорсинг стає ключовим інструментом підвищення ефективності транспортно-експедиторських компаній. Він дає змогу оптимізувати витрати, підвищити рівень сервісу та зосередити ресурси підприємства на стратегічних видах діяльності. Аутсорсинг логістичних функцій передбачає передачу частини або всього комплексу транспортно-

експедиторських операцій зовнішнім спеціалізованим виконавцям. Ефективність такої моделі визначається різницею між витратами на власне виконання функцій та витратами на залучення провайдера.

Формула економічного ефекту від впровадження аутсорсингу:

$$E = C_{вл} - C_{аут} \quad (1)$$

де E - економічний ефект від впровадження аутсорсингу; $C_{вл}$ - сукупні витрати на виконання логістичних операцій власними силами; $C_{аут}$ - витрати на логістичний аутсорсинг.

Оптимізаційна модель витрат. Загальні витрати логістичної системи можна представити як:

$$Z = Ct + Cs + Ci + Cr \quad (2)$$

де Ct - витрати на транспортування; Cs - витрати на зберігання; Ci - витрати на інформаційно-комунікаційне забезпечення; Cr - витрати, пов'язані з ризиками та затримками.

Оптимізаційна задача полягає в мінімізації функції:

$$\min Z_{(x)} = \min (C_{t(x)} + C_{s(x)} + C_{i(x)} + C_{r(x))}$$

Для аналізу застосування аутсорсингової моделі розглянуто діяльність Kuehne+Nagel International AG - однієї з провідних логістичних компаній світу. Впровадження цифрової платформи KN Login забезпечило:

• зниження транспортних витрат на 17 %;

• скорочення часу оформлення документів на 30 %;

• зменшення ризиків затримок у ланцюгу постачань на 12 % завдяки автоматизованим механізмам моніторингу.

Висновки.

1. Аутсорсинг транспортно-експедиторських послуг є стратегічним інструментом підвищення гнучкості та адаптивності логістичних систем.

2. Ефективність аутсорсингу залежить від здатності провайдера забезпечити цифрову інтеграцію, контроль якості послуг та аналітичну підтримку.

3. Оптимізація логістичних витрат через аутсорсинг сприяє зменшенню операційних витрат, скороченню часу обробки вантажів і підвищенню рівня клієнтського сервісу.

Список використаних джерел

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. Pearson Education, 2020.

2. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson, 2019.

3. Лисенко О. І., Бойко А. М. Логістика: підручник. - Київ: Центр учбової літератури, 2021.

4. Крикавський Є. В. Логістика та управління ланцюгами поставок. - Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2020.

5. Пономарьова Ю. В. Аутсорсинг логістичних процесів: теорія та практика. - Харків: ХНУБА, 2022.

6. Kuehne+Nagel. KN Login Digital Platform. URL: https://home.kuehne-nagel.com

UDK 656.078

DEVELOPMENT OF FREIGHT FORWARDING SERVICES IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF LOGISTICS

Savchenko L., Marchuk O.
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Key Aspects of Digitalization. The digitalization of freight forwarding activities is based on the wide implementation of information and communication technologies (ICT), which allow companies to:

- Automate document management and communication between supply chain participants.
- Plan and control transportation operations in real time.
- Ensure transparency of logistics processes.
- Optimize cargo delivery routes.
- Forecast demand and costs.

Optimization Model. The cost minimization problem can be formalized as an optimization task:

$$\text{Min } Z=\sum_i=1n(C_{ti}+C_{ei}+C_{si}),$$

subject to:

$$T_i \leq T_{max}, Q_i \geq Q_{min},$$

where:

- C_{ti} - transportation costs on segment *i*.
- C_{ei}- forwarding costs.
- C_{si} - warehousing costs.
- T_i- actual delivery time.
- Tmax- maximum allowable delivery time.
- Q_i- cargo volume.
- Q_{min}- minimum required cargo volume.

Case Study: DHL Global Forwarding. Through the implementation of the myDHLi platform, DHL Global Forwarding achieved:

- Online booking of shipments.
- Real-time cargo tracking.
- Automatic generation of transport documents.
- Use of analytical tools to forecast delivery time and cost.

Results:

- Shipment processing time reduced by 35%.
- Operating costs reduced by 18%.

Case Study: TOV “Bud-Trans Logistik” (Ukraine). The company implemented a digital freight management system to optimize the delivery of construction materials. The results showed:

- 22% reduction in total transportation costs.
- Improved route planning and vehicle utilization.
- Increased delivery reliability and transparency for customers.

Conclusions. The development of freight forwarding services in the digital era involves the transition from traditional operational models to integrated digital ecosystems. This creates preconditions for:

- Increasing the competitiveness of logistics companies.
- Reducing costs and accelerating delivery processes.
- Ensuring greater transparency and controllability of supply chains.

References

1. Bowersox D., Closs D. *Logistics: An Integrated Supply Chain.* - Kyiv: Libra, 2020.
2. Christopher M. *Logistics and Supply Chain Management.* - Pearson Education, 2020.
3. DHL Global Forwarding. *myDHLi Digital Freight Platform* [Online resource]. - https://www.dhl.com
4. Chopra S., Meindl P. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.* - Pearson, 2023.
5. Krykavskyi Ye. *Logistics. Fundamentals of Theory.* - Lviv: National University “Lviv Polytechnic”, 2022.
6. Ivanov D. *Introduction to Supply Chain Resilience.* - Springer, 2022.

Секція
Історія аграрної освіти і науки

УДК 631.3+63(09)

АКАДЕМІК А.О. ВАСИЛЕНКО – ВИДАТНИЙ ВЧЕНИЙ У ГАЛУЗЯХ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Деркач І.О., Деркач О.П.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Одним із видатних вчених у галузях землеробської (сільськогосподарської) механіки та сільськогосподарського машинобудування середини XX століття був академік АН УРСР А.О. Василенко – доктор технічних та сільськогосподарських наук, професор, лауреат Державної премії СРСР [1].

Практичну інженерну діяльність А.О. Василенко розпочав у 1916 році на підприємствах сільськогосподарського машинобудування України, закінчивши Київський політехнічний інституту (КПІ).

З 1924 р. до 1935 р. працював спочатку на кафедрі сільськогосподарського машинобудування та машинознавства КПІ, а згодом Київського сільськогосподарського інституту (КСГІ), був завідувачем кафедри сільськогосподарських машин КСГІ протягом 1928-1930 рр. З 1927 року, за сумісництвом, А.О. Василенко був науковим співробітником науково-дослідної кафедри сільськогосподарської механіки при КСГІ, де ним у результаті проведених теоретичних і практичних досліджень було обґрунтовано параметри різальних апаратів жатних машин, які були впроваджені у виробництво

У 1928 році А. О. Василенку було присуджено звання професора. Науковий ступінь доктора сільськогосподарських наук він отримав у 1936 р., а технічних – у 1946 р. Членом-кореспондентом Академії наук Української РСР професор А.О. Василенко був обраний у 1939 році, а академіком - у 1948 році.

Професор А. О. Василенко був одним із фундаторів створення у 1928 р. в м. Харкові з філіалом в м. Києві Українського науково-дослідчого інституту сільськогосподарського машинознавства та машинобудівництва (УНІСГОМ), в якому він згодом працював заступником директора з наукової роботи.

Вагомим був внесок А.О. Василенка у постановці на виробництво на заводі «Комунар»" у місті Запоріжжі першого вітчизняного

зернозбирального комбайна «Комунар» ЖМ-4,6, де він керував групою інженерів, які підготовлювали документацію й персонал до масового виробництва комбайна [2].

У 1944 році член-кореспондент АН УРСР А.О. Василенко започатковує «Лабораторію сільськогосподарської механіки» при Інституті будівельної механіки АН УРСР, яка в 1945 р. була передана Відділенню технічних наук АН УРСР і отримала назву «Лабораторія машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки».

Після реорганізації якої, у лютому 1950 року, «Лабораторія машинобудування і проблем сільськогосподарської механіки» перетворилась на Інститут машинознавства і сільськогосподарської механіки. Академік Академії наук УРСР А.О. Василенко був засновником і директором Інституту машинознавства та сільськогосподарської механіки [2]. Під керівництвом професора А.О. Василенка в 30-х роках XX ст. були створені шестирядний і трирядний бурякопідіймачі для збирання цукрових буряків. Їх виробництво було налагоджено А.О. Василенком на заводах ім. Жовтневої революції в Одесі та «Плуг и молот» у Миколаєві.

Значне наукове і практичне значення мають наукові дослідження академіка А. О. Василенка у галузі (землеробської) сільськогосподарської механіки. У результаті дослідження процесів збирання цукрових буряків професором А.О. Василенком була розроблена теорія гичкозрізувальних апаратів з активними робочими органами та викопувальних робочих органів машин для збирання цукрових буряків. На основі цих теоретичних досліджень у 1930 р. Київською філією УНІСГОМу під його керівництвом був розроблений буряковий комбайн із зрізуванням гички на корені з наступним підкопуванням і вибиранням коренів з грунту, дослідні зразки якого було виготовлено заводом "Червоний плугатар" та випробувано вказаною філією.

Академік А.О. Василенко розробив методи аналітичного і експериментального визначення зовнішніх сил, що діють на робочі органи ґрунтообробних машин. Ним також були розроблені технологічні основи пошарового обробітку грунту з внесенням добрив.

У механіці і динаміці грунтів ним одержані істотні результати по дослідженню поширення деформацій у грунті, визначенню залежності між витраченою енергією і деформацією грунту, між геометричними параметрами робочих органів і швидкістю їх впливу на грунт, вивченню опору різних грунтів зовнішнім впливам під час обробітку їх ґрунтообробними машинами, оцінці результатів поверхонь обробітку грунту величиною сумарних абсолютних і відносних переміщень ґрунтових частинок, розробці методів проектування робочих поверхонь органів ґрунтообробних машин, теорії руху грунту по поверхнях цих робочих органів тощо. Ці узагальнення слугували основою для створення

ґрунтообробних машин, які працюють на різних грунтах з різними поступальними робочими швидкостями [2].

Академіком А.О. Василенком та кандидатом технічних наук І.С. Григор'євим була розроблена технологія модифікації звичайного сірого чавуну з нормальним вмістом сірки та фосфору. За розробку цієї технології у 1950 р. їм була присуджена Державна премія СРСР.

Висновок. У результаті проведеного нами дослідження було встановлено, що теоретичні розробки та практична діяльність академіка А.О. Василенка в галузях землеробської (сільськогосподарської) механіки та сільськогосподарського машинобудування дозволили створити принципово нові види сільськогосподарської техніки.

Список використаних джерел

1. Деркач Олексій, Гуменюк Юрій, Курка Віталій. Видатні особистості в історії кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П.М. Василенка Національного університету біоресурсів і природокористування України. *Історія науки і біографістика*. 2023. № 3. С. 18–48. URL: https://inb.dnsgb.com.ua/current/02.pdf. (doi.org/10.31073/istnauka202303-02).

2. Кучеров П.С., Гаврилов В.Д. Андрій Овер'янович Василенко. К.: Наукова думка, 1964. 43 с.

УДК 631.3(092)”19”

КАМІЛЛ ГАВРИЛОВИЧ ШИНДЛЕР: ДО БІОГРАФІЇ

Ямков О.В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Професор Камілл Гаврилович Шиндлер (1869 - 1940) є знаним фахівцем в області сільськогосподарських машин як в Україні, так і за її межами. Він народився 15 червня 1869 р. в сім'ї швейцарських підданих і сам залишався таким усе життя. Найбільш продуктивний і плідний період його діяльності припадає на 90-ті роки XIX-го – кінець30-х років XX-го століть. У 1899-1911 роках він працював у заснованому у 1898 р. Київському політехнічному інституті з сільськогосподарським відділенням у його складі, а в 1904-1906 р.р. був деканом цього відділення [2-5]. В політехнічному інституті Камілл Гаврилович з 1.09.1899 р. викладав механіку на сільськогосподарському відділенні та читав спеціальний курс із сільськогосподарського машинобудування на механічному відділенні [6].

Завдяки своїм енциклопедичним знанням, ефективній науковій, педагогічній та практичній діяльності він здобув високий авторитет серед багатьох своїх колег-сучасників. Широко відомими серед фахівців є його

праці, зокрема такі, як «Политипажи, эскизы и чертежи машин-орудий современнаго сельского хозяйства» (1902), «Машины-орудия современнаго сельского хозяйства» (1904), «Теория и конструкция пахотных орудий» (1904), «Теория плуга» (1906) та ін. К.Г. Шиндлер був одним з фундаторів надзвичайно важливого для розвитку сільськогосподарської техніки напрямку – випробування сільськогосподарських машин, та організатором і керівником випробувальної станції при Київському політехнічному інституті, створеної у 1900 р. «Професор К.Г. Шиндлер поставив на недосяжну висоту справу викладання сільськогосподарських машин і знарядь, а також справу їх випробування … » – таку характеристику плідній науково-педагогічній діяльності К.Г. Шиндлера було дано на засіданні Ради КПІ 18 лютого 1911 р [4]. Після звільнення з Київського політехнічного інституту у 1911 р., К.Г. Шиндлер продовжував діяльність як фахівець з сільськогосподарських машин як на теренах тодішньої Російської імперії, так і в еміграції (з 1919 р.), зокрема був запрошений на викладацьку роботу до Української господарської академії в м. Подєбради (Чехословаччина) [1,4], де працював на посаді професора кафедри машинознавства Агрономічно-Лісового факультету у 1923-1926 роках. Помер К.Г. Шиндлер, як вказується в історико-біографічних джерелах, зокрема [4], у 1940 р. у Празі і похований на Ольшанському кладовищі. Відомості про точну дату та місце смерті, точне місце поховання в цих джерелах відсутні.

Сучасна кафедра сільськогосподарських машин та системотехніки ім. академіка П.М. Василенка НУБіП України розпочала свою діяльність, саме як кафедра сільськогосподарських машин, у складі створеного у 1929 році факультету механізації сільського господарства, і продовжила її в подальшому, звісно, не без впливу науково-педагогічних наробітків та традицій, в тому чи іншому обсязі успадкованих від свого попередника – сільськогосподарського відділення КПІ з його співробітниками, які принесли з собою ці наробітки і традиції у новостворені навчальні і наукові установи та заклади як у вигляді результатів власної діяльності, так і результатів діяльності своїх колег. Серед співробітників сільськогосподарського відділення КПІ одне з чільних місць, як за результатами своєї наукової і педагогічної діяльності, так і їх подальшим впливом на розвиток сільськогосподарського машинобудування та підготовку інженерних кадрів для сільського господарства, займає постать професора К.Г. Шиндлера.

Враховуючи вагомість внеску професора К.Г. Шиндлера у розвиток науки про землеробські машини та знаряддя, а також у становлення і розвиток справи їх випробувань, вбачається важливим закриття так званих «білих плям» його біографії, зокрема йдеться і про встановлення точної дати смерті (число, місяць, рік), місця смерті та місця поховання, що мали б документальне підтвердження.

Мета досліджень – знайти точну, документально підтверджену інформацію про дату смерті (число, місяць, рік), місце смерті та місце поховання професора К.Г. Шиндлера.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети досліджень була здійснена поїздка до м. Прага та м. Подєбради (Чехія). Поїздка до Подєбрад мала на меті знайти документальні матеріали про діяльність у цьому місті Української господарської академіі у 1922-1935 роках, в яких були б відомості і про К.Г. Шиндлера, який працював в академії на викладацькій роботі у 1923-1926 роках. Однак виявилося, що усі архівні матеріали, пов'язані з діяльністю академії, а особливо викладачами-емігрантами, були після 1945 року вивезені да Праги, а звідти – до Радянського Союзу.

У Празі було відвідане Ольшанське кладовище, яке знаходиться у самому місті і на якому, за попередньою інформацією, був похований К.Г. Шиндлер. У секторі, де здійснювались поховання членів емігрантської діаспори, виявилось, що значна частина поховань, мабуть, більша їх частина – це безіменні невеликі горбики, іноді з надгробками без написів, щільно затягнуті рослинністю. Виявити місце поховання К.Г. Шиндлера не вдалось. Було відвідано також, для більшої достовірності пошуків, і Малостранське кладовище, розміщене, як і Ольшанське, в межах Праги. Воно виявилось невеликим за розмірами, давно закритим для будь-яких поховань, на його території практично усі поховання були датовані XVIII ст. та ще пізнішими роками, що явно унеможливлювало поховання на ньому К.Г. Шиндлера. Але завдяки налагодженій у Празі співпраці зі співробітниками архіву місцевого університету та істориками, які займались питаннями діяльності емігрантів з Російської імперії в Чехословаччині у 1920-х та 1930-х роках, вдалось встановити факти біоргафії К.Г. Шиндлера, які і були метою пошуків.

Спочатку в електронних ресурсах Internet були знайдені відомості, що К.Г. Шиндлер помер у Празі 4 жовтня 1940 року і похований на Ольшанському кладовищі, відділення 2, сектор 19, могила 185. Там же вказано, що цій могилі він похований разом зі своєю дружиною – Єлізавєтою Афанасієвною, яка померла 31 серпня 1927 р. [4]. У подальшому, і це головне, виявлені і документальні докази цим «інтернетним» фактам, а саме, в Національній бібліотеці Чеської Республіки в м. Прага був знайдений некролог на смерть К.Г. Шиндлера, в якому повідомляється, що «4.10.1940 р. в Брно, після хвороби, у віці 71 року помер інженер Каміл (прим. авт.: у некролозі слово Каміл саме так і написане – з одним «л») Гаврилович Шиндлер. … Тіло було перевезене до Праги і віддане землі на Ольшанському кладовищі». А виявлене також оригінальне фото кінця 1920-х років, на якому зображений К.Г. Шиндлер на могилі своєї дружини, з чітко видним номером могили – 185, підтверджує попередньо

виявлені відомості і незаперечно вказує на її місцезнаходження на кладовищі.

Висновки. В результаті пошукової роботи, проведеної в м. Подєбради та м. Прага (Чехія) з метою знаходження точної, документально підтвердженої інформації про дату смерті (число, місяць, рік), місце смерті та місце поховання професора К.Г. Шиндлера встановлено, що К.Г. Шиндлер помер 4 жовтня1940 р. в м. Брно (Чехія, область Моравія), після хвороби, у віці 71 року. Тіло було перевезене до м. Праги і віддане землі в одній з дружиною, Єлізавєтою Афанасієвною, могилі за номером 185 у 19-му секторі 2-го відділення Ольшанського кладовища м. Праги.

Список використаних джерел

1. Українська висока політехнічна школа на чужині. Том І. Українська господарська академія в Ч.С.Р. 1922–1935 / Видано Абсольвентами Української Господарської Академії та Українського Технічно-Господарського Інституту. – Нью-Йорк: [б. в.], 1959. – 248 с.

2. Шіндлер К. Г. / Вергунов В. А., Войтюк Д. Г., Мудрук О. С., Шквира З. А.; редкол.: Ільченко М. Ю. (голов. ред.) та ін.; Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т», Держ. політехн. музей. – Київ: ЕКМО, 2004. – 30 с.

3. Вергунов В. А. Професор Шиндлер Камілл Гаврилович (1869–1940) – громадянин Швейцарії, що прославив науково-освітню складову України: наук. доповідь / Вергунов В. А. ; НААН України, Нац. наук. с.-г. бібліотека, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки ; відп. ред. Вергунов В. А. – Київ : Ямчинський О. В., 2019. – 39 с.

4. Вергунов В. А., Мудрук О. С., Шквира З. А. Камілл Гаврилович Шиндлер (1869–1940) / НААН України, ННСГБ, Ін-т історії аграр. науки, освіти та техніки ; відпов. ред. Сєнченкова Є. М. ; наук. ред. Вергунов В. А. – Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2019. – 180 с.

5. Київський політехнічний інститут. Нарис історії / Бєляков Г. Ф., Василенко Є. С., Вілков М. Ф. та ін. – Київ: Наукова думка, 1995. – 328 с.

6. Вергунов В. А. Професор Шиндлер Камілл Гаврилович (1869–1940) – видатний учений у галузі сільськогосподарської механіки, засновник випробувань землеробських машин і знарядь в Україні // Техніка і технології АПК. – 2020. – № 1 (114). – С. 24–28.

ЗМІСТ

Стор.

ВДЯЧНА ПАМ'ЯТЬ КОРИФЕЮ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ В УКРАЇНІ
Войтюк Д.Г. 5

Секція Стан та перспективи розвитку сучасної землеробської механіки

1. ЕНЕРГІЯ, КЛІМАТ, АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ (ЕКАР) - ПРІОРИТЕТИ ЗА СТВОРЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ АПВ
Адамчук В.В. 10

2. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ АГРОТЕХНОЛОГІЙ
Кравчук В.І., Гуменюк Ю.О. 14

3. ВИСОКОЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ТРАНСФОРМАЦІЇ БІОМАСИ У ЦІННЕ ТВЕРДЕ ПАЛИВО
Болтянський Б.В., Болтянський О.Б., Братішко В.В. 17

4. ТЕХНІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА
Романашенко О.А., Галич І.В. 20

5. APPLICATION OF PM² IN ENVIRONMENTAL PROJECTS: TOOLS, CHALLENGES, AND PRACTICAL EXAMPLES
Melnyk V.I. 23

Проблемна секція «Оранка»

1. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОБІЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ МЕЗ-330 «АВТОТРАКТОР» НА ОРАНЦІ
Погорілий С.П. 29

2. ПОЛИЦЕВИЙ ОБРОБІТОК ГРУНТУ - ЗНАЧЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ В СТЕПУ УКРАЇНИ
Цилюрик О.І. 31

3. ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ТА ОЦИФРУВАННЯ ДАНИХ, ЯК ФАКТОРИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ
Мироненко В.Г. 35

4. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ, ОСОБЛИВОСТІ ТА МОЖЛИВОСТІ РІЗНИХ МЕТОДІВ
Артьомов М.П., Пушкаренко О.Ю. 38

5. ЧИСЕЛЬНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН ІЗ ГРУНТОМ
Теслюк Г.В. 41

6. СПОСІБ ПІСЛЯЖНИВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
Семен Я.В., Крупич О.М., Семен О.Я., Крупич С.О. 44

7. ОСОБЛИВОСТІ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СИСТЕМІ ЗЕМЛЕРОБСТВА
Горіславський Б.В., Мартишко В.М. 47

Секція
Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для рослинництва

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ БОРОЗНИ КЛИНОПОДІБНИМ ДИСКОМ
Волоха М.П., Воробйов О.М. 51

2. DETERMINATION OF THE COEFFICIENT OF LOOSENING DYNAMICS OF CULTIVATOR WORKING BODIES ON AN SPRING SUSPENSION
Alforov O. 55

3. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ІНФРАЧЕРВОНОЇ МІКРОНІЗАЦІЇ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР
Волинець Є.О. 57

4. АЛЬТЕРНАТИВНИЙ ПРИСТРІЙ МОЛОТАРКИ ДЛЯ ОБМОЛОТУ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ РОТОРНОГО ТИПУ
Овчарук О.В., Грушецький С.М., Овчарук В.І., Бардар Д.А., Загородний В.В. 60

5. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ НОЖІВ-ПОДРІБНЮВАЧІВ НА ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Гевко І.Б., Дячун А.Є., Стібайло О.Ю. 63

6. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ШВИДКОСТІ ПОТОКУ ПОВІТРЯ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ
Лавренюк П.П. 66

7. ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ СИСТЕМОЮ ОБРОБКИ ВІД ШКІДНИКІВ І ГРИБКІВ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯМ
Гевко І.Б., Довбуш Т.А., Бучинський В.М. 69

8. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОБРОБІТКУ ОБЧІСАНОЇ СОЛОМИ
Пахучий А.М. 71

9. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК
Корчак М.М., Рудь А.В., Грушецький С.М. 74

10. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ШИРИНИ МІЖРЯДЬ І СХЕМ ПОСІВУ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО
Ткач О.В., Аморциту О.В. 77

11. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТВЕРДОСТІ ГРУНТУ
Рудь А.В., Грушецький С.М., Корчак М.М., Замойський С.М., Краснолуцький П.П. 80

12. ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ВОЛОКНА ЩІТКИ ТА ЙОГО ВЗАЄМОДІЇ З ЧАСТИНКАМИ МАТЕРІАЛУ
Литвинов І.В., Алієв Е.Б., Пономаренко Н.О. 83

13. HYDRODYNAMICS AND KINEMATICS OF GRAIN MOTION IN A FLUIDIZED BED OF A CONICAL VIBRO-CENTRIFUGAL CENTRIFUGE
Stepanenko S.P., Melnyk V.A. 87

14. INVESTIGATION OF THE FLUIDIZATION BEHAVIOR OF GRANULAR MATERIAL
Stepanenko S.P., Volyk D.A. 90

15. RESEARCH INTO THE USE OF SPIRAL VIBRATORY FEEDERS FOR SEED DOSING IN AUTOMATIC PHENOTYPING SYSTEMS
Elchyn Aliiev, Olexandr Chernii 93

16. МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ НАГРІВУ ЗЕРНА В ІЧ-СУШАРЦІ
Котов Б.І., Степаненко С.П., Калініченко Р.А. 97

17. ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ У ЗБЕРІГАННІ ТА ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ
Липницький Р.М. 100

18. ДИНАМІЧНА 3D-МОДЕЛЬ ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ВНУТРІШНЬОЇ НАПРУГИ
Волик Б.А., Лепеть Є.І. 103

19. АНАЛІЗ НАСІННЄПРОВОДІВ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПНЕВМАТИЧНИХ СІВАЛОК
Куликівський В.Л., Боровський В.М., Андрійчук А.В., Груницький М.Р. 106

20. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ҐРУНТООБРОБНИХ-ПОСІВНИХ КОМПЛЕКСІВ ТА СПОСОБІВ ЇХ АГРЕГАТУВАННЯ
Дерев'янко Д.А., Білоусов О.В. 111

21. АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА ЗНОШУВАННЯ СТРІЛЧАСТИХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРІВ
Деревянко Д.А., Байбула А.Ф., Ковальчук Д.С. Кушим Р.В. 116

22. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ
Ільченко А.В., Бочковський В.В. 121

23. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОТОСЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА
Степаненко С.П., Швидя В.О. 125

24. ОСОБЛИВОСТІ ЗБИРАННЯ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕПЛІДНОГО
Ткач О.В., Овчарук О.В., Овчарук В.І. 129

25. ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ
Степаненко С.П., Швидя В.О., Анеляк М.М. 132

26. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ
Борак К.В., Вакулін В.В. 135

27. ЗАПРОПОНОВАНА КОНСТРУКЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛИВУ ГРИБІВ З ВІЯЛОВОЮ ДОЩУВАЛЬНОЮ НАСАДКОЮ
Білецький В.Р., Булич Р.П. 140

28. ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ЗБИРАННЯ ГРЕЧКИ
Барабаш Г.І., Батюк Л.М. 143

29. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ РИЦИНИ
Журавель Д. П., Дідур В. В. 147

30. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АЕРОЖОЛОБА ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНА
Рудь А.В., Краснолуцький П.П., Грушецький С.М., Корчак М.М., Замойський С.М. 150

31. КОНСТРУКЦІЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ
Куликівський В.Л., Дармограй М.М., Зінченко Р.О. 153

32. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ СУБСТРАТНИХ БЛОКІВ
Ільченко А.В., Єсипенко П.Б., Шевчук О.А. 156

33. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АПАРАТА КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
Заєць М.Л., Голеніцький О.В. 161

34. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОБПРИСКУВАЧА З РЕГУЛЯТОРОМ НОРМИ ВНЕСЕННЯ
Білецький В.Р., Дворський Д.П. 165

35. ДОСЛІДЖЕННЯ НОЖЕВИХ РОЛЛЕРІВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ПОЖНИВНИХ РЕШТОК
Заєць М.Л., Куцеруба В.Я. 169

36. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ
Заєць М.Л., Парфенюк Б.М. 173

37. METHODS OF MECHANIZED DISTRIBUTION OF SOWN SEEDS ACROSS THE SOWING AREA
Derevyanko D.A., Kinert V.V., Kuskovsky O.P., Parkhomchuk M.P., Razmakhin D.V. 177

38. МЕХАТРОННА СИСТЕМА АГРОМОСТОВОЇ МАШИНИ
Бойко В.Б., Денисенков О.В., Бойко Б.В. 179

39. ГНУЧКІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ЗАГОТІВЛІ СТЕБЛОВИХ КОРМІВ
Кузьменко В.Ф., Онищенко В.Б., Онищенко Б.В., Холодюк О.В. 183

40. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ СОЇ
Рудь А.В., Соловей В.І. 186

41. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УЛОВЛЮВАЧА ПЛОДОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
Деркач І.О., Деркач О.П. 190

42. АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕННЯ ПЛОДІВ ПРИ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗБИРАННІ
Деркач І.О., Деркач О.П. 192

43. АНАЛІЗ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ СІВАЛОК ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ
Поліщук О.С. 194

44. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ РИЦИНИ
Головченко В.В., Алієв Е.Б., Теслюк Г.В. 197

45. КУТ ПОПЕРЕДНЬОГО СТИСНЕННЯ ТРАВЯНОЇ МАСИ У РІЗАЛЬНІЙ ПАРІ БІТЕРНО-НОЖОВОГО АПАРАТА
Холодюк О.В., Кузьменко В.Ф. 200

46. ПРИДАТНІСТЬ САДІВ ВОЛОСЬКОГО ГОРІХА ДО МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ПЛОДОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ
Крупич С.О., Крупич О.М., Семен Я.В., Семен О.Я., Думич В.В. 203

47. КОМБІНОВАНИЙ ЧИЗЕЛЬНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ГРУНТУ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ
Герук С.М. 206

48. ДИНАМІКА НАВАНТАЖЕНЬ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ЗМІНІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕНЕРГОЗАСОБУ
Артьомов М.П., Пушкаренко О.Ю., Пастушенко С.І. 210

49. ЗМІНА ПОЖИВНОСТІ ЛИСТОСТЕБЛОВОЇ СИРОВИНИ ПРИ ФРАКЦІОНУВАННІ
Сімаков О.О. 213

50. ОЧИСНИКИ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ: ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ
Ліннік А.Ю. 215

51. ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИСОТИ ШТАНГИ НА ЯКІСТЬ ПОПЕРЕЧНОГО РОЗПОДІЛУ КАС СТРУМЕНЕВИМИ РОЗБРИЗКУВАЧАМИ
Кобець О.М., Лепеть Є.І. 219

52. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВНЕСЕННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЗА ДОПОМОГОЮ РОТОРНИХ РОЗКИДАЧІВ З ГІДРАВЛІЧНИМ ПРИВОДОМ
Кажуро М.П. 221

53. ОЦІНКА ТА МІНІМІЗАЦІЯ ЧАСОВИХ І ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАПІЗНЕНЬ ПРИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОМУ ВНЕСЕННІ ДОБРИВ ПОСІВНИМИ КОМПЛЕКСАМИ
Остапенко В.А. 223

54. РОЗРОБКА ТА ОЦІНКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СУЧАСНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ БЛОЧНО-ПОРЦІЙНОГО ВИВАНТАЖЕННЯ СИЛОСУ
Остапенко О.В. 226

55. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО СТВОРЕННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ЛІНІЙ ПОВНОГО ЦИКЛУ ПЕРЕРОБКИ ВОЛОСЬКИХ ГОРІХІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УКРАЇНСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ
Руткевич В.С. 230

56. ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС У ВИСІВНОМУ АПАРАТІ
Мельник В.І., Зеленський О.П. 233

57. АНАЛІЗ ДОЗУВАННЯ НАСІННЯ ПНЕВМАТИЧНИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ
Мельник В.І., Зеленський А.П. 235

58. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОШАРОВОГО РОЗПОДІЛУ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
Мовчан Д.А., Холодюк О.В. 238

59. ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЗАГЛИБЛЮВАНІСТЬ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
Ляшенко С.В. 240

60. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН
Куликівський В.Л., Бистрицький Б.П., Сенчило М.В., Халімовський С.А., Руденко В.Г., Веремій Т.Б. 243

61. ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДОЗУВАЛЬНИХ СИСТЕМ РОТАЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА НА ЯКІСТЬ ПОШАРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ НАСІННЯ
Ратушний В.В., Вітрух П.І., Косовець Ю.В., Онищенко Б.В. 251

62. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВИСОКОТОЧНИХ СІВАЛОК НА СХОЖІСТЬ ТА РІВНОМІРНІСТЬ РОЗМІЩЕННЯ НАСІННЯ В УМОВАХ ЗМІННОЇ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ
Сисоліна І.П. 254

63. СИСТЕМА ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ
Горобець Я.М., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М., Горовий М.В. 256

64. ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ
Ткаченко А.М., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М. 258

65. ОГЛЯД РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ
Семітко Р.О., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М. 261

66. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ
Шелудченко В.А., Горовий М.В., Калнагуз О.М. 264

67. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ БОРОТЬБИ З БУР'ЯНАМИ У ПОСІВАХ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР
Грищук В.П., Волянський М.С. 267

68. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ У ДРІБНИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ
Кореневич І.С., Волянський М.С. 270

69. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ ДОБРИВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТА ПРИ ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ
Панченко А.С., Волянський М.С. 272

70. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСКОВОЇ БОРОНИ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
Степаненко С.П., Гриценко О.П. 273

71. ВІБРОФРИКЦІЙНИЙ МЕТОД СЕПАРАЦІЇ НАСІННЯ КОСТРИЦІ ЛУЧНОЇ
Михайлов А.Д., Козаченко О.В., Бакум М.В., Крекот М.М., Сіняєва О.В. 275

72. ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОДРІБНЕННЯ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ ДВОСЕКЦІЙНИМ КОТКОМ-ПОДРІБНЮВАЧЕМ
Шейченко В.О., Шаповал О.В., Вольський В.А., Коцюбанський Р.В. 278

73. МОДАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШТАНГИ ПОЛЬОВОГО ОБПРИСКУВАЧА
Сташків М.Я., Підгурський М.І. 281

74. МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГВИНТОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПІД ЧАС ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ
Тарасенко Д.С., Біловод О.І., Канівець О.В. 284

75. МЕХАНІЗМ АГРЕГАТУВАННЯ ДЛЯ МОСТОВОЇ МАШИНИ
Бойко В.Б., Клименко О.В., Гуменюк О.О. 287

76. ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕХАНІЗОВАНОЇ БОРОТЬБИ З БУР'ЯНАМИ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ
Савченко І.Ф., Рихлівський П.А., Коновал О.О. 290

77. НАПРЯМКИ ПРОЕКТУВАННЯ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ВИРОБНИЦТВ У ГОСПОДАРСТВАХ
Єременко О.І., Войналович О.В., Данько М.А. 292

78. ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ МЕХАТРОНІКИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПНЕВМОГРАВІТАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ
Нєдєльський Д.С., Петренко Д.І. 295

79. ДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ ВІБРАЦІЙ ПРИ СІВБІ АГРЕГАТАМИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING
Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Мельниченко В.І., Гриценко О.Ю., Титаренко С.С. 298

80. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПІД ЧАС ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ
Дерев'янко Д.А., Комісарчук Ю.М., Руденко В.Г., Шевчук О.А. 301

81. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ ОБРОБЦІ ПЕРЕУЩІЛЬНЕНИХ СТАРООРНИХ ҐРУНТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ
Лещенко С.М. 305

82. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ РЕШЕТА ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ЯКІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ЗБІЖЖЯ
Бажан І.М., Васильковський О.М., Лещенко С.М. 309

83. ТЕХНОЛОГІЧНА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРЕНЕПЛОДІВ
Барановський В.М., Кухар О.Г., Дубчак Н.А. 312

84. МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ
Гадайчук М.Ю., Труханська О.О. 316

85. ANALYSIS OF THE PROCESS OF DESTRUCTION OF GRAIN MATERIALS
Ivan Karp, Viktor Baranovsky 320

86. ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗРАЗКА ПРИВОДА ДВОНОЖОВОГО РІЖУЧОГО АПАРАТА З ДВОСТОРОННІМ ПЛОСКИМ ЛІНІЙНИМ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ
Міненко С.В., Морозов О.В. 324

87. АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОПІРА АПАРАТА ВОДІННЯ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ
Теслюк В.В., Вечера О.М., Барановський В.М. 329

88. КОНСРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ ПРИ ЗБИРАННІ БУРЯКІВ
Барановський В.М., Теслюк В.В., Швора В.О. 331

89. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ БОРІН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ
Теслюк В.В., Вечера О.М., Ікальчик М.І. 332

90. СТАН ТА НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНОЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ
Кротенко В.П. 334

91. АНАЛІЗ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ
Теслюк В.В., Вечера О.М., Кривичун А.М. 337

92. ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТІВ ПІД БУРЯКИ
Теслюк В.В., Вечера О.М., Марценюк І.О. 339

93. АДАПТАЦІЯ РОЗРАХУНКІВ ПИТОМОГО ОПОРУ ҐРУНТУ ДО ЗМІНЕНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА НОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ
Тесленко О.В., Хворост Т.В., Зубко В.М. 341

94. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ
Теслюк Б.В., Вечера О.М. 344

95. ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНЕРЦІЙНО-ФРИКЦІЙНОГО ПРОТРУЮВАЧА НАСІННЯ
Вечера О.М., Куянов В.В. 347

96. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЦУКРОВОГО БУРЯКУ
Бурлака О.А. 349

97. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ ПИВОВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА
Міненко С.В., Соловйов М.І. 352

98. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГАСНИКІВ ШВИДКОСТІ АЕРОСУМІШІ ПНЕВМАТИЧНИХ СІВАЛОК
Адамчук В.В., Вольський В.А., Іванов Б.О. 360

99. ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТИ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШАРІ НАСІННЄВОЇ МАСИ ЛЮЦЕРНИ
Замрій М.А. 362

100. АНАЛІЗ РОБОТИ ВЕНТИЛЯТОРІВ ОЧИСТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
Побідаш А.А., Мартишко В.М. 365

101. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ ДИСКОВОГО РОБОЧОГО ОРГАНА З ПЛОСКОРІЗНОЮ ЛАПОЮ
Вольський В.А., Коцюбанський Р.В., Польовий Б.П. 367

102. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ФАКТОРІВ ТА ПАРАМЕТРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС РОЗПОДІЛУ ЧАСТОК ПО ШИРИНІ ЗАХВАТУ РОБОЧОГО ОРГАНА
Москальченко Р.В., Жук Д.Г., Дейкун В.А. 370

103. ҐРУНТООБРОБНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН БАРАБАННОГО ТИПУ
Пилипака С.Ф., Несвідомін А.В. 375

Секція
Механіко-технологічні процеси, робочі органи та машини для тваринництва

1. ДО ПИТАННЯ ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПІДБИРАЧА-ЗМІШУВАЧА БІОМАСИ ДЛЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ В УМОВАХ МАЛИХ ФЕРМ
Кувачов В.П., Інува С.А., Дружич В.М., Шевченко С.О., Зеленов К.О. 378

2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЙ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ
Яропуд В.М. 381

3. ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ВИКИДНИМ ПОВІТРЯМ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ УТРИМАННЯ ШАРУ ПОСЛІДУ НА ПЛАСТИНЧАСТОМУ КОНВЕЄРІ
Дешко В.І., Мінералов О.І., Пінчук В.О., Кузьменко В.Ф. 384

4. ОГЛЯД НАЙВАЖЛИВІШИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ТВАРИНАМИ ПРИ ЕКСТЕНСИВНОМУ ТВАРИННИЦТВІ
Ребенко В.І. 389

5. ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ВХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗМІШУВАЛЬНО-РОЗДАВАЛЬНИХ МАШИН У ТВАРИННИЦТВІ
Купчук І.М. 395

6. КОНСТРУКЦІЙНІ РІШЕННЯ ПОКРАЩЕННЯ РОТАЦІЙНОГО ЛОПАТЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ
Медведський О.В., Сукманюк О.М. 397

7. РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ДІЙКОВОЇ ГУМИ
Носенко Є.О., Алієв Е.Б. 402

8. ДО ПИТАННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІЗІОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ПРИНЦИПІВ МАШИННОГО ДОЇННЯ
Ткач В.В., Фененко А.І. 405

9. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИБИРАННІ ГНОЮ НА ФЕРМАХ ВРХ
Стрілецька В.Л., Хмельовський В.С. 407

10. СИСТЕМА РОЗПІЗНАННЯ КОРІВ У ДОЇЛЬНОМУ ЗАЛІ
Заболотько О.О., Потапова С.Є. 410

11. МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТОВАНОЇ СИСТЕМИ LELY SPHERE В УМОВАХ УКРАЇНСЬКИХ ФЕРМ
Потапова С.Є. 413

12. ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПОДРІБНЮВАЧА СТЕБЛОВИХ КОРМІВ
Пастушенко О.А., Потапова С.Є. 416

13. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗМІШУВАЧА З РОБОЧИМ ОРГАНОМ У ВИГЛЯДІ ШНЕКА
Ільченко А.В., Олійник М.О. 418

14. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМІВ
Грабар І.Г., Талько Я.Л. 420

Секція
Смарт-технології машиновикористання, інженерний менеджмент, технічний сервіс

1. ПРО ПРИЧИНИ БУКСУВАННЯ РУШІЇВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ЗА ЙОГО ПЕРЕСУВАННЯ ПО ПОВЕРХНІ ГРУНТУ І СПОСОБИ БОРОТЬБИ З НИМ
Вожик Ю.Г., Липунов М.І., Панасюк В.І. 424

2. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І АГРЕГАТІВ
Труханська О.О. 428

3. ІНЕРЦІЙНІ СИЛИ ПРИ ПОВОРОТІ ТРАКТОРА
Чепіжний А.В., Коваленко В.Є., Шутко В.В., Зубко В.М. 432

4. СУЧАСНІ КОНЦЕПЦІЇ МОБІЛЬНОГО СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Новицький А.В. 436

5. КЕЙСИ ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ АГРОСФЕРИ
Мельник В.І., Лісецький В.О., Ковратовський О.В. 439

6. СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПІД ЧАС СЕПАРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО ЗОРУ
Степаненко С.П., Кузьмич А.Я. 443

7. СУЧАСНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАШИННОГО ЗОРУ
Степаненко С.П., Днесь В.І., Кузьмич А.Я., Борис А.М. 446

8. СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ГОЛОВОК ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛІВ
Білецький В.Р., Боровський І.В. 449

9. ДОВГОВІЧНІСТЬ АГРЕГАТІВ ПАЛИВНОЇ АПАРАТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Ільченко А.В., Буката Д.О. 455

10. АПРОБАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВОЇ БОРОНИ LEMKEN RUBIN
Василенко М.О., Буслаєв Д.О., Калінін О.Є., Кононогов Ю.А. 459

11. ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИЗОВАНИХ ЗАСОБІВ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ
Добранський С.С., Бучко І.О. 463

12. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПОСІВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING
Алещенко Р.О. 465

13. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕРНОВОГО ВИРОБНИЦТВА: РОЛЬ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ
Бездідько Р.В. 468

14. ТРАНСФОРМАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ: ВПРОВАДЖЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАКТОРІВ
Немченко О.П. 471

15. СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТА ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИМИ КОМБАЙНАМИ
Кузьмич А.Я., Анеляк М.М. 473

16. ОГЛЯД ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ДВОФАЗНОГО ЗМІШУВАННЯ В ДИЗЕЛЯХ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ
Савченко В.М., Диняк О.В. 476

17. ТОЧНЕ ЗЕМЛЕРОБСТВО – РІШЕННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
Заєць М.Л., Бендюг Д.М. 480

18. ПРОГНОЗУВАННЯ ВИТРАТИ ПАЛИВА ТРАКТОРОМ ТА ВИКИДИ CO_2 ПРИ ОРАНЦІ ПОЛІВ РІЗНОГО ТИПОРОЗМІРУ ТА ФОРМИ
Заєць М.Л., Прокопенко А.О. 484

19. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АКТИВНИХ ХОДОВИХ СИСТЕМ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНАХ
Юраш А.П., Погорілий С.П. 488

20. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАЛАШТУВАННЯ ПЛУГА ПРИ ЙОГО СИЛОВОМУ АНАЛІЗІ
Заєць М.Л., Савчук В.Р. 490

21. ІНТЕГРОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АГРОВОЛЬТАЇЧНИХ СИСТЕМ
Золотовська О.В., Беліков М.Ю. 494

22. СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА: ВИКОРИСТАННЯ GPS-НАВІГАЦІЇ У ТРАКТОРАХ
Якубовський О.В. 497

23. ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО РЕЛЬЄФУ НА ПОВЕРХНІ ЗРАЗКІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ЗА БАГАТОЦИКЛОВОГО НАВАНТАЖУВАННЯ
Войналович О.В., Писаренко Г.Г., Майло А.М., Бялонович А.В. 501

24. ОЦІНКА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ СІВАЛОК
Харьковський І.С. 505

25. КОНТРОЛЬ ВОЛОГОСТІ ДЕРЕВИНИ У ПРОЦЕСІ ПОДРІБНЕННЯ
Гіззатуллін О.С. 507

26. СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МАШИНА З АВТОНОМНИМ ДЖЕРЕЛОМ ЕНЕРГІЇ
Погорілий С.П., Присяжний В.Г., Макогін О.О., Мірний В.Ю., Крупич С.О. 510

27. ОХОРОНА ТА БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АГРОРОБОТІВ У АГРОПРОМИСЛОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ (НА ПРИКЛАДІ OMNiPOWER)
Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Горобець В.Л., Дмитрюк С.П., Аулін В.В., Лівіцький О.М., Дяченко Д.О. 512

28. ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЬ СІРКОВМІСНИХ СПОЛУК У ПАЛИВІ ЯК ЕЛЕМЕНТ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Сафтюк Я.В. 515

29. ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИКОМПОНЕНТНИХ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ
Штуць А.А. 517

30. ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ НАВАНТАЖЕНЬ НА НАДІЙНІСТЬ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ
Макар О.З. 522

31. РОЗУМНІ ЦИФРОВІ СИСТЕМИ ДЛЯ КРАЩОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗДОРОВ'Я ПРАЦІВНИКІВ НА РОБОТІ
Марчишина Є.І. 523

32. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕЗ ТИПУ «АВТОТРАКТОР»
Мірний В.Ю. 527

33. АНАЛІЗ СПОСОБІВ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ОЛИВ СЕРВІСНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ
Бурсова М.А. 529

34. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
Ніщаков І.В. 531

35. РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МОДЕЛЮВАННІ РОБОТИ ДВИГУНА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРЬОХПАЛИВНОЇ СУМІШІ В АВТОТРАКТОРНОМУ ДИЗЕЛЬОМУ ДВИГУНІ
Лисенко Р.Д. 534

36. MODELING CONNECTING ELEMENTS OF FRAME STRUCTURES MADE OF COMPOSITE MATERIALS
Viter V.A. 536

37. ДОВГОВІЧНІСТЬ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНОЇ АПАРАТУРИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ
Дерев'янко Д.А., Ковальчук М.В., Веремій Т.Б., Пеценко А.В. 539

38. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ
Рева С.В. 544

39. ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ
Куликівський В.Л., Боровський В.М. 548

40. ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАТРОНІКИ В ҐРУНТООБРОБНУ МАШИНУ ТИПУ ДИСКАТОР
Сокол С.П., Бойко В.Б. 551

41. АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В АГРОПІДПРИЄМСТВАХ
Семерня О.В. 553

42. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ
Водолазький Д.І., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М. 556

43. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО
Дешко Р.О., Горовий М.В., Калнагуз О.М. 559

44. ЕЛЕМЕНТИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В КОНСТРУКЦІЯХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ
Груць О.А., Сіренко Ю.В., Калнагуз О.М. 563

45. СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ
Нестеренко Д.В., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М. 566

46. ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА У ТЕХНОЛОГІЮ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ
Нефедьєв А.С. 569

47. ЦИФРОВИЙ МОНІТОРИНГ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ ҐРУНТОЗАХИСНИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНОМУ РОСЛИННИЦТВІ
Оксененко О.О. 572

48. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ТА ТРАКТОРІВ
Борак К.В., Весельський В.І. 574

49. КОМПОЗИТНІ ПОРОШКОВІ МАТЕРІАЛИ І ПОКРИТТЯ У ВИРОБНИЦТВІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА І ТВАРИННИЦТВА
Денисенко М.І. 580

50. РОЗРОБКА УМОВ БЕЗПЕЧНОЇ ПРАЦІ НА МОЛОТКОВИХ І РОТОРНИХ ДРОБАРКАХ
Єременко О.І., Войналович О.В., Куліш А.О. 584

51. БОР В СУЧАСНИХ СТАЛЯХ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
Похиленко Г.М. 586

52. РОБОТОТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ В РОСЛИННИЦТВІ
Борак К.В., Савченко В.М., Корнійчук Ю.М. 588

53. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ І ПІДВИЩЕННЯ ЇХНЬОГО РЕСУРСУ
Ільченко А.В., Лисюк О.А., Смик В.С. 601

54. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗОЛОТНИКОВИХ ПАР ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКІВ
Савченко В.М., Міняйло І.В. 605

55. АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ
Вечера О.М., Теслюк Б.В., Герман Ф.Д. 610

56. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ
Хмеленко А.М. 613

57. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МИТТЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ
Келемеш А.О. 615

58. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДРЕСОРЮВАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ АКТИВНОЇ ПІДВІСКИ
Куликівський В.Л., Бродовський Д.О. 618

59. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРЯМОЛІНІЙНОГО РУХУ ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ
Грудовий Р.С., Брикуля В.А. 623

60. УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТЕХНІКИ, МІСЦЕ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ТА СЕРТИФІКАЦІЇ
Денисенко М.І., Дев'ятко О.С. 627

61. СИНТЕЗ ТА ВИКОРИСТАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЗАЛІЗА
Лопатько К.Г., Соснов В.С., Мручок М.Ю. 628

62. ТЕХНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА СЕРТИФІКАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
Денисенко М.І., Дев'ятко О.С. 629

63. ГІБРИДНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ТРАКТОРИ: РЕАЛЬНІСТЬ ЧИ ПЕРСПЕКТИВА НАЙБЛИЖЧОГО МАЙБУТНЬОГО
Пономаренко О В. 630

Секція
Транспортні технології та логістика

1. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МІЖМІСЬКИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ: МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
Плекан У.М. 633

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ І ПЕРЕХРЕСТЬ У МІСЬКІЙ ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ
Гевко І.Б., Гевко Б.Р., Навроцька Т.Д., П'єнтак М.Д. 636

3. ІНСТРУМЕНТАРІЙ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАГОТІВЕЛЬНИМИ КАМПАНІЯМИ В ОВОЧІВНИЦТВІ
Степаненко С.П., Кудринецький Р.Б. 638

4. ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОХІДНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ
Загурський А.О. 642

5. ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ У ВИРОБНИЧИХ ПІДСИСТЕМАХ ВЕРТИКАЛЬНО ІНТЕГРОВАНИХ СТРУКТУР АПК
Загурський О.М. 645

6. РОЗСУВНІ КУЗОВА ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ
Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. 648

7. УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА ОСТРОГ ЗА ЕКОЛОГІЧНИМ КРИТЕРІЄМ
Мацюк К.І., Загурський О.М. 651

8. СТРУКТУРА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ АВТОМОБІЛЯ
Разманов С.В., Загурський О.М. 654

9. АНАЛІЗ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГРАФІКІВ
Циганенко М.О., Гарбуз Ю.М., Михайличенко Б.О. 657

10. АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ З ВИБОРОМ ВИДУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАпе 6оиои66рмгСОБУ З УРАХУВАННЯМ УМОВ
Циганенко М.О., Євтушенко О.В., Онікієнко М.О. 659

11. ЩО ОЗНАЧАЄ «НУЛЬОВІ ВИКИДИ ДО 2030 АБО 2050 РОКУ»
Погоріла К.В., Колосок І.О. 661

12. АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ ТА АВАРІЙНОСТІ ЗА 6 МІСЯЦІВ 2025 РОКУ В УКРАЇНІ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ
Корнійчук М.В., Колосок І.О. 663

13. АНАЛІЗ СТАНУ БЕЗПЕКИ РУХУ ТА АВАРІЙНОСТІ ЗА 6 МІСЯЦІВ 2025 РОКУ В УКРАЇНІ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ
Кравчук А.С., Колосок І.О. 666

14. ЗНИЖЕНННЯ ШВИДКОСТІ НА ДОРОГАХ У ЄВРОПІ
Клімов М.С., Колосок І.О. 668

15. АСПЕКТИ РАМКОВОЇ УГОДИ ПРО ВЗАЄМНУ, СПРАВЕДЛИВУ ТА ЗБАЛАНСОВАНУ ТОРГІВЛЮ МІЖ СПОЛУЧЕНИМИ ШТАТАМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМ СОЮЗОМ
Кошара М.І., Колосок І.О. 670

16. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК МАШИН ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА НА ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ
Диня В.І. 671

17. ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ УРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
Опалко В.Г. 674

18. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД РЕАЛІЗАЦІЇ КОНЦЕПЦІЇ SMART MOBILITY
Клименко С.М., Опалко В.Г. 676

19. РОЗВИТОК МОБІЛЬНОСТІ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ MAAS: ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД І ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ
Корінчук М.В., Опалко В.Г. 678

20. МОБІЛЬНІСТЬ НА ВИМОГУ ЯК СКЛАДОВА КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНОГО МІСТА ТА НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
Манько К.В., Опалко В.Г. 680

21. ТРАНСПОРТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
Дьомін О.А., Тонконог І.В. 682

22. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ
Кротенко С.П. 684

23. РОЛЬ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ АУТСОРСИНГУ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
Савченко Л.А., Диченко Б.О. 685

24. DEVELOPMENT OF FREIGHT FORWARDING SERVICES IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF LOGISTICS
Savchenko L., Marchuk O. 687

Секція
Історія аграрної освіти і науки

1. АКАДЕМІК А.О. ВАСИЛЕНКО – ВИДАТНИЙ ВЧЕНИЙ У ГАЛУЗЯХ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ
Деркач І.О., Деркач О.П. 689

2. КАМІЛЛ ГАВРИЛОВИЧ ШИНДЛЕР: ДО БІОГРАФІЇ
Ямков О.В. 691

ISBN 978-617-8102-06-7

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XXVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
"Сучасні проблеми землеробської механіки"
(17–18 жовтня 2025 року)

присвяченій 125 річниці з дня народження академіка

Петра Мефодійовича Василенка

Відповідальний за випуск:
О.Т. Лавріненко – доцент кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. П.М. Василенка НУБіП України

Редактор – І.Л. Роговський, декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України

Підготовка до видання:
механіко-технологічний факультет НУБіП України

© НУБіП України, 2025.