

ISBN 978-617-8102-06-7

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

ВІДДІЛЕННЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА, МЕЛІОРАЦІЇ ТА МЕХАНІЗАЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ
АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

АКАДЕМІЯ ІНЖЕНЕРНИХ НАУК УКРАЇНИ

ВІДДІЛЕННЯ НАУК ПРО ЗЕМЛЮ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК ВИЩОЇ
ОСВІТИ УКРАЇНИ

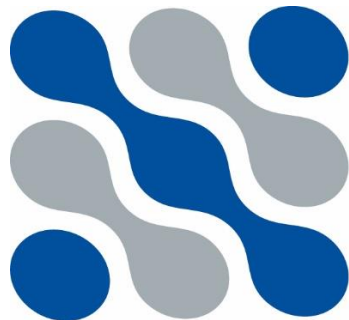
УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ АГРАРНИХ ІНЖЕНЕРІВ



125 річниці НУБіП України присвячується

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
ХІХ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНІЦІ»

TechEnergy 2023



TECH2023
ENERGY

18-19 травня 2023 року
м. Київ

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 XIX Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023» вченою радою механіко-технологічного факультету Національного університету біоресурсів і природокористування України від 18 травня 2023 року протокол № 9.

Збірник тез доповідей XIX Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023» (18-19 травня 2023 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023. 265 с.

ISBN 978-617-8102-06-7

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів і докторантів учасників XIX Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023», в яких розглядаються нинішній стан та шляхи розвитку наукових напрямків:

- інновації аграрної науки Living Labs;
- технічний сервіс машин Agriculture 4.0;
- інженерний менеджмент Carbon Farming;
- автомобільний транспорт АПВ;
- Smart технології машиновикористання у рослинництві, тваринництві і птахівництві;
- агротроніка Intelligent Farming;
- охорона праці в АПК і природоохоронній сфері.

ISBN 978-617-8102-06-7

© НУБіП України, 2023.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Ніколаєнко С. М. – д.п.н., проф., академік НАПН України, академік НААН, ректор Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП), голова.

Братішко В. В. – д.т.н., с.н.с., декан механіко-технологічного факультету НУБіП, заступник голови.

Адамчук В. В. – д.т.н., проф., академік НААН, директор інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН, головний вчений секретар НААН.

Киричок П. О. – д.т.н., проф., академік АІНУ, Президент Академії інженерних наук України, директор видавничо-поліграфічного інституту Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Іванишин В. В. – д.е.н., проф., академік НААН, ректор закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Кюрчев С. В. – д.т.н., проф., ректор Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Таланчук П. М. – д.т.н., проф., академік АІНУ, почесний президент Академії інженерних наук України, президент відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна».

Ляшук О. Л. – д.т.н., проф., перший проректор Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Кравчук В. І. – д.т.н., проф., академік НААН, академік АІНУ, завідувач лабораторії науково-технічного забезпечення технологій виробництва, переробки та використання біомаси інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН.

Черновол М. І. – д.т.н., проф., академік НААН, радник ректора Центральноукраїнського національного технічного університету.

Захарчук О. В. – д.е.н., проф., член-кор. НААН, завідувач відділу інвестиційного та матеріально-технічного забезпечення Національного наукового центру «Інститут аграрної економіки» НААН.

Войтюк Д. Г. – к.т.н., проф., член-кор. НААН, академік АІНУ, професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки імені академіка П. М. Василенка НУБіП.

Іщенко Т. Д. – к.п.н., проф., директор Державної установи "Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти".

Ружило З. В. – к.т.н., доц., декан факультету конструювання та дизайну НУБіП.

Зубко В. М. – д.т.н., проф., академік АІНУ, декан інженерно-технологічного факультету Сумського національного аграрного університету.

Борак К. В. – д.т.н., доц., академік АІНУ, заступник директора з навчальної роботи Житомирського агротехнічного фахового коледжу.

Пушка О. С. – к.т.н., доц., декан інженерно-технологічного факультету Уманського національного університету садівництва.

Ковалишин С. Й. – к.т.н., проф., декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій Львівського національного університету природокористування.

Сахно В. П. – д.т.н., проф., завідувач кафедри автомобілів Національного транспортного університету.

Дмитрів В. Т. – д.т.н., проф., завідувач кафедри проектування та експлуатації машин Національного університету «Львівська політехніка».

Деркач О. Д. – к.т.н., доц., завідувач кафедри експлуатації машинно-тракторного парку Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Михайлович Я. М. – к.т.н., проф., професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП.

Войтюк В. Д. – д.т.н., проф., академік АІНУ, професор кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП.

Дерев'янка Д. А. – д.т.н., проф., професор кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технічних систем Поліського національного університету.

Козаченко О. В. – д.т.н., проф., професор кафедри сільськогосподарських машин та інженерії тваринництва Державного біотехнологічного університету.

Анісімов В. Ф. – д.т.н., проф., професор кафедри агроінженерії та технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету.

Аулін В. В. – д.т.н., проф., професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету.

Никончук В. М. – д.е.н., проф., завідувачка кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства і природокористування.

Шейченко В. О. – д.т.н., проф., професор кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту Полтавського державного аграрного університету.

Ковальов С. О. – к.т.н., с.н.с., науковий консультант ДП "Державто-трансНДІпроект".

Цимбал С. В. – к.т.н., доц., завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету.

Клімов Е. С. – к.т.н., доц., в. о. завідувача кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Онищук В. П. – к.т.н., доц., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету.

Яковенко А. М. – к.т.н., проф., завідувач кафедри агроінженерії Одеського державного аграрного університету.

Васильєва Н. К. – д.е.н., проф., професорка кафедри інформаційних систем і технологій Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

Хіпров І. О. – к.т.н., доц., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства і природокористування.

Andrzej Marczuk – д.т.н., проф., проректор університету природничого в Любліні (Польща).

Eugeniusz Krasowski – д.т.н., проф., почесний професор НУБіП, дійсний член Польської академії наук Відділення в Любліні.

Henryk Sobczuk – д.т.н., проф., почесний професор НУБіП, академік АІНУ, голова наукової ради Інституту технологій і природничих наук у Фаленті, Польща.

Mamuka Benashvili – д.т.н., проф., завідувач кафедри технічного сервісу машин сільськогосподарського університету Грузії.

Steponavičius Dainius – д.т.н., проф., завідувач кафедри аграрної інженерії та безпеки університету Олександраса Стулгинськиса (Литва).

Valentin Vladut – д.т.н., проф., директор національного дослідницького інституту університету «Політехніка» в Бухаресті (Румунія).

Vyatcheslav Adamchuk – д.т.н., проф., професор інженерного департаменту університету МакГілл (Канада).

Yurcha Vlad – доктор-інженер, проф., керівник департаменту інженерії машин Празького університету наук про життя (Чехія).

Vladimir Gorobet – д.т.н., доц., декан факультету агроінженерії державного аграрного університету Молдови.

Роговський І. Л. – д.т.н., проф., академік АІНУ, академік НАН ВО України, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
запрошує Вас ознайомитись з матеріалами, які апробовані під час роботи
XIX Міжнародної наукової конференції
«Раціональне використання енергії в техніці.
TechEnergy 2023», яка проводилась
з нагоди річниці від дня народження Миколи Петровича Момотенка
та ювілейних дат від днів народження видатних інженерів-механіків,
які мали досягнення з машиновикористання
та інженерного менеджменту сільського господарства,
і відбулась 18–19 травня 2023 року.*

*- 92 річчя від дня
народження
видатного
інженера-механіка
МОМОТЕНКА
Миколи
Петровича
(1931-1981)*



*- 100 річчя від дня
народження
видатного
професора
САВЧЕНКА
Миколи
Зіновійовича
(1923-1977)*



*- 80 річчя від дня
народження
видатного
професора
МОЛОДИКА
Миколи
Володимировича
(1943-2012)*



*- 80 річчя від дня
народження
видатного
професора
ДІДУРА
Володимира
Аксентійовича
(1943-2020)*



ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

УДК 347.77:028:631.526.32 (477)

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ВИКОРИСТАННЯ ПАЛЬНОГО У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

**Захарчук О. В., доктор економічних наук, професор,
член-кореспондент НААН**

Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки»

До початку ХХІ століття Україна повністю забезпечувала національну економіку паливом із нафтопродуктів вітчизняного виробництва, яке було зосереджене у семи регіонах, де функціонували нафтопереробні підприємства. Про масштабність цієї інфраструктури засвідчують наступні дані. На початку 1990-х років в Україні діяло:

- шість нафтопереробних заводів загальною потужністю 52 млн т/рік;
- нафтотранспортна система проектною потужністю близько 100 млн т/рік;
- розгалужена система нафтопродуктопроводів потужністю до 30-35 млн т/рік та протяжністю 4 625 км.
- загальна ємність резервуарного парку перевищувала 4 млн м³.

Підтвердженням втрати державою суб'єктності є той незаперечний факт, що до станом на 23 лютого 2022 р. Україна на понад 75% втратила свою інфраструктуру у секторі забезпечення нафтопродуктами. Упродовж 2022 року побудовано нові транспортні коридори та змінено логістичну транспортну систему постачання пального. Тобто країна повністю переавантажила та перебудувала свій ринок. В Україні побудована розгалужена система постачання пального. Значно зросли витрати на логістику, яку довелося змінювати докорінно. Наприклад, на сьогодні 50% пального доставляється у бензовозах, автомобільним транспортом. До війни бензовозами постачалося менше ніж пів відсотка. Сьогодні 95% імпортованого бензину та 72% дизельного палива надходить з країн ЄС. Лідерами постачання є Румунія, Литва, Словаччина, Греція, Болгарія та Польща.

Нині сільське господарство України – один з найбільших споживачів пального серед усіх галузей національної економіки. Ця галузь використовує понад 25 % дизпалива та 5 % бензину від загального обсягу. В цілому, загальний обсяг використаного у сільському господарстві дизельного пального в 2021 році становила 1459,4 тис. т. (очікуване значення), що на 11% перевищує показник попереднього 2020 року. Аналогічна ситуація відбувається і з бензином.

На зменшення обсягів використання пального в українському сільському господарстві цього року також вплинула й війна. З огляду на те, що 2022 року близько чверті посівних площ засіяно не було, використання палива

зменшиться до 900 тис. т дизпалива і 60 тис. т бензинів різних видів октанового числа.

Понад 85% дизельного пального витрачалося на проведення сільськогосподарських робіт, до 15% – на транспортні роботи. На інших роботах споживалася менша кількість цього ресурсу. Споживання автомобільного бензину на транспортних роботах сягнуло 56% і сільськогосподарських – 43,1%. Тенденція до скорочення споживання пального у сільському господарстві сприяла зменшенню енергомісткості сільськогосподарської продукції. Якщо у 1994 році аграрні підприємства витрачали на тисячу гривень валової продукції у порівняльних цінах 2010 року 44,7 кг умовного палива, то у 2021 р. – лише 5,3 кг, або у 8,4 разів менше.

В умовах залежності України від експорту нафти й нафтопродуктів є необхідність пошуку шляхів зниження паливно-енергетичних витрат для підвищення у подальшому показників ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. За 1994-2021 роки витрати паливно-енергетичних ресурсів на 1000 га сільськогосподарських угідь скоротилися від 203,7 т. ум. п. до 75 або у 2,7 раза. Але різко зросла вартість нафтопродуктів із розрахунку на гектар зібраної площі, на що вплинув як ріст цін на нафтопродукти, так і збільшення щільності механізованих робіт у зв'язку із впровадженням інтенсивних технологій та підвищенням урожайності сільськогосподарських культур, що вкотре підтверджує підвищення технічного рівня аграрного сектора та постійне удосконалення інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур й розведення тварин.

Висновки та пропозиції. Враховуючи значні витрати енергетичних ресурсів та складний стан із їх забезпеченням, виняткове значення для сільського господарства має проблема енергозбереження. Тому, вважаємо, що зменшення енергоємності в сільському господарстві можна досягти шляхом:

- раціонального розміщення сільськогосподарських культур у полях сівозмін, наближення виробництва продукції до місця споживання чи переробки шляхом побудови вертикально-інтегрованих структур та сільськогосподарських обслуговуючих кооперативів на базі територіальних громад та новостворених районів;

- оптимізація структури посівних площ з розширенням мало енергоємних та нішових культур, таких як гречка, просо, овес, коноплі, льон, часник, спаржа, плодових та ягідних культур, горіхів на основі фастплант технологій в поєднанні із високоефективними економічними, екологічними, технологічними механізмами їх використання;

- оптимізація технологічних параметрів вирощування і збирання сільськогосподарських культур за рахунок заміни енергоємних операцій менш енергоємними на основі управління продуктивністю посівів, враховуючи варіативність полів, з використанням точних даних позиціонування техніки в полі, знімків супутника чи дрона та картографічних даних на їх основі;

- створення принципово нових комплексів енергозберігаючих машин і

обладнання, технологій виконання механізованих робіт (мінімальна та нульова обробки ґрунту), що надасть змогу підвищити рентабельність сільськогосподарської діяльності шляхом економії пально-мастильних матеріалів, скорочення числа технологічних операцій з обробки ґрунту, зменшення кількості застосовуваних технічних засобів і підвищення функціональності техніки, а також протистояти вітровій і водній ерозії ґрунту, сприяти умовам для життєдіяльності ґрунтової мікрофлори й живих організмів та зменшити ущільнення ґрунту;

– застосування нетрадиційних джерел енергії та перехід на біопаливо згідно Енергетичної стратегії України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» шляхом збільшення частки споживання біопалива до 20% від загального споживання пального.

Список літератури

1. Захарчук О. В., Вишневецька О. В. Використання паливно-енергетичних ресурсів у сільському господарстві. Економіка АПК. 2015. № 5. С. 62–69.
2. Захарчук О. В. Довідник економіста сільськогосподарського підприємства. Київ. ННЦ «ІАЕ». 2018. 600 с.
3. Захарчук О. В. Матеріально-технічне забезпечення та ринки матеріально-технічних ресурсів і послуг в аграрному секторі економіки : монографія. Київ. ННЦ «ІАЕ». 2021. 376 с.

УДК 631:608

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНТЕГРУВАННЯ WEB ТА МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЦИФРОВОГО ПЕНЕТРОМЕТРА S600

Деркач О. Д., кандидат технічних наук, доцент

Макаренко Д. О., кандидат технічних наук, доцент

Мельниченко В. І., кандидат технічних наук, доцент

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Як відомо, впровадження сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур передбачає вирішення багатьох технічних, технологічних і екологічних завдань: зменшення використання ресурсів, скорочення термінів сівби, догляду, збирання; підвищення родючості ґрунту. Якість вирощеного урожаю має відповідати світовим стандартам. Сьогодні аграрії України застосовують разом із традиційними технологіями землеробства і такі як Mini-Till, No-Till, Drill-Till, Strip-Till, Controll-Traffic. Також має місце і поєднання декількох технологій в межах одного агропідприємства. Як правило, технології ефективно адаптуються до умов землеробства в Україні і навіть до у

мов конкретного підприємства. Основним ризиком землеробства до війни з російською федерацією був ризик малої кількості опадів. Сьогодні в сільськогосподарському виробництві виникли ще й нові лімітуючі фактори: замінування полів; зменшена кількість техніки та обмежені людські ресурси. Щоб отримати високі врожаї при помірних витратах коштів та інших ресурсів (людських, матеріально-технічних) необхідно проводити технологічні операції в максимально стислий (короткий) період. Для дотримання агротехнічних термінів у середніх (100...1000 га) та великих (1000...20000+ га) агропідприємствах використовується потужна і високопродуктивна техніка: трактори John Deere 8334R, John Deere 8345RT, Case IH STX 535/600 та інші; комбайни Case IH 9420, Lexion 770, John Deere 670i; сільськогосподарські машини Horsch Maestro 36.5, Turbosem II 19-60, Ecolo-Tiger-730 та багато іншої різноманітної техніки. Збільшується доля застосування безпілотних літальних апаратів для виконання різних завдань: обстеження полів, визначення меж полів, дослідження стану розвитку рослин, обприскування посівів засобами захисту тощо.

При реалізації енергоощадних технологій, як правило, машиновикористання тяжіє до експлуатації широкозахватних МТА. Мета – підвищення продуктивності та зменшення негативної дії рушіїв на ґрунт. Проте, тут виникає технологічний конфлікт, а саме: збільшення ширини захвату МТА зумовлює використовувати енергозасоби великої маси (для забезпечення тягових характеристик). Через це існує загроза зниження урожайності через надмірне ущільнення ґрунтів. Наприклад, глибина дії ущільнюючого ефекту від коліс зернозбирального комбайна, масою від 13 тонн, сягає 0,8 м [1]. У разі застосування традиційної технології землеробства – з інтенсивним обробітком ґрунту – останній, крім дії робочих органів у орному шарі, постійно піддається ще й негативній дії маси тракторів у підорному. А глибина обробітку, як правило, не перевищує 30...32 см. Крім того, розраховано, що довжина пройденого шляху (слідів) зернозбирального комбайна, оснащеного жаткою шириною захвату 6 метрів, який зібрав урожай на полі, площею 100 га сягає 125...166 км, в залежності від способу пересування на полі. Ці та інші фактори спонукають до утворення так званої «плужної підшви» - дуже ущільненого шару ґрунту, який суттєво уповільнює проникнення вологи і повітря як в глибші шари ґрунту, так і навпаки. Переущільнення ґрунту, звичайно, призведе до суттєвого зниження урожайності і навіть може спровокувати загибель рослин (рис. 1).

Таким чином сучасне землеробство, незалежно від технології вирощування сільськогосподарських культур, характеризується використанням високопродуктивної техніки, яка має велику вагу. Виходячи з цього, необхідно впроваджувати додаткові методи контролю ущільнення ґрунтів.

Постановка проблеми. В умовах впровадження технологій землеробства, в яких застосовуються високопродуктивні і важкі машинні агрегати, необхідно користуватись інструментами швидкого контролю і аналізу за щільністю ґрунтів. Існуючі пенетрометри механічного типу (рис. 2) не можуть задовольнити

сучасних вимог аграріїв, так як такі інструменти не дають повну, точну і головне, швидку інформацію про стан ґрунту на всьому полі.



Рис. 1. Посіви соняшника, який зупинився в розвитку через переущільнення ґрунту (доведено вимірюваннями твердості ґрунту).



Рис. 2. Пенетрометр механічного типу. Без прив'язки до GPS.

До переваг такого типу пенетрометрів слід віднести невелику вартість, компактність, простоту у використанні. До недоліків необхідно віднести: відсутність прив'язки до GPS, відсутність GSM, неможливість створення карт ущільнення. Такі та аналогічні прилади сьогодні не відповідають сучасним вимогам і не можуть застосовуватись в системах точного та цифрового землеробства.

Таким чином, метою роботи є інтегрування існуючих софтів цифрових інструментів для визначення величини ущільнення ґрунтів у програми для ведення цифрового землеробства.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- навести схему реалізації технології від «точки вимірювання – до застосування результатів в технології вирощування с.-г. культур»;
- розробити технологію фіксації точок виміру твердості ґрунтів;
- провести експериментальні вимірювання.

Вирішення завдання. Для реалізації першого завдання розробили технологічну схему взаємодії цифрового пенетрометра з софтами для точного та

цифрового землеробства шляхом фіксації та передачі даних за допомогою GPS та GSM-зв'язку (рис. 3).

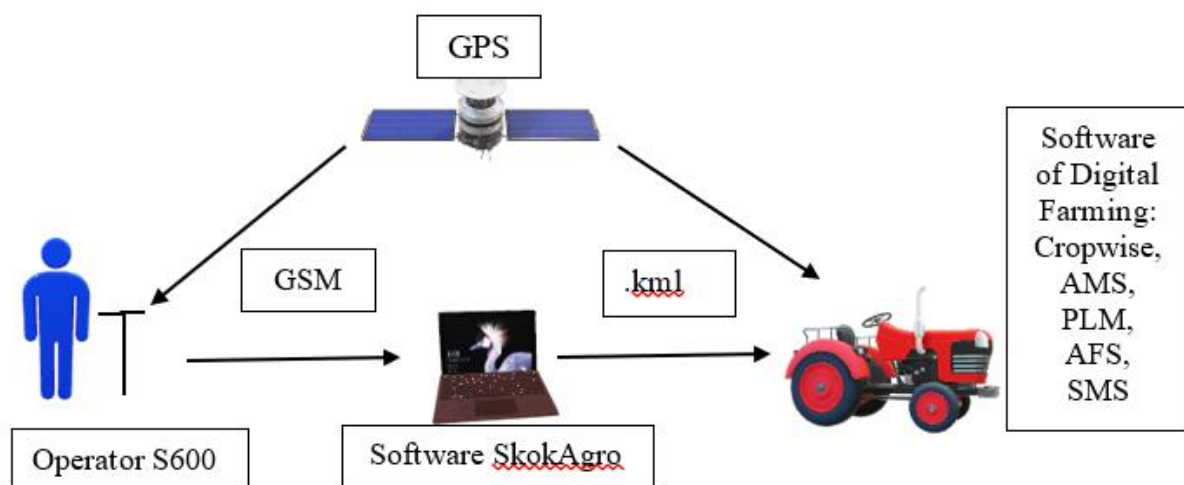


Рис. 3. Схема передачі даних величини ущільнення ґрунтів від моменту вимірювання до внесення їх в карти завдань (приписів) у інших софтах.

Така технологічна схема може бути реалізована при використанні цифрового пенетрометра S600 українського виробника Skok Agro [2]. Даний пенетрометр оснащений приймачем GPS, антеною GSM-зв'язку та відповідним програмним забезпеченням SkokAgro для прийняття, зберігання, аналізу та обробки отриманих даних (рис. 4).

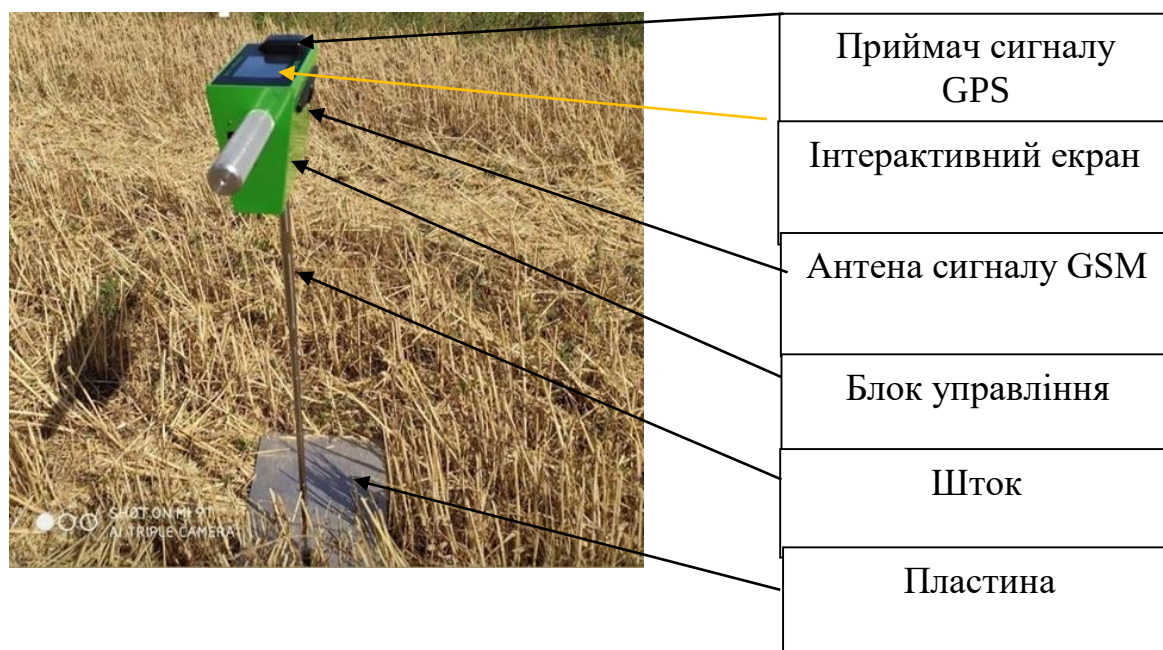


Рис. 4. Загальний вигляд цифрового пенетрометра S 600.

Пенетрометр вимірює твердість ґрунту. Цей показник є пропорційним ущільненню. Тому, отримані значення твердості корелюють із величиною

ущільнення. Отримані дані твердості (кПа) за допомогою GSM-зв'язку передаються на сервер, звідки вони зчитуються програмою Skok Agro (рис. 5). Цей софт підключений до сервісу Google Map та має функції: «Список дослідів» (вимірювань); «Звіти по твердості» (виконані роботи) та «Сітка» [3]. Також, є можливість віртуально обмежити контурами поле, на якому будуть проведені дослідження твердості. Це дозволяє визначити обсяг роботи, місцезнаходження поля, спроектувати переміщення оператора по полю. В режимі «Сітка» на карту автоматично наносяться точки взяття проб (точки, в яких будуть проведені вимірювання твердості ґрунту). В залежності від площі поля, можна обирати дискретність вимірювань у розрахунку: одне вимірювання на 15 га; одне вимірювання на 10 га, на 5 га або пропонується обрати власну площу, меншу, ніж 5 га (рис. 6). Згенерована сітка дає уяву, в якому місці необхідно оператору проводити вимірювання.

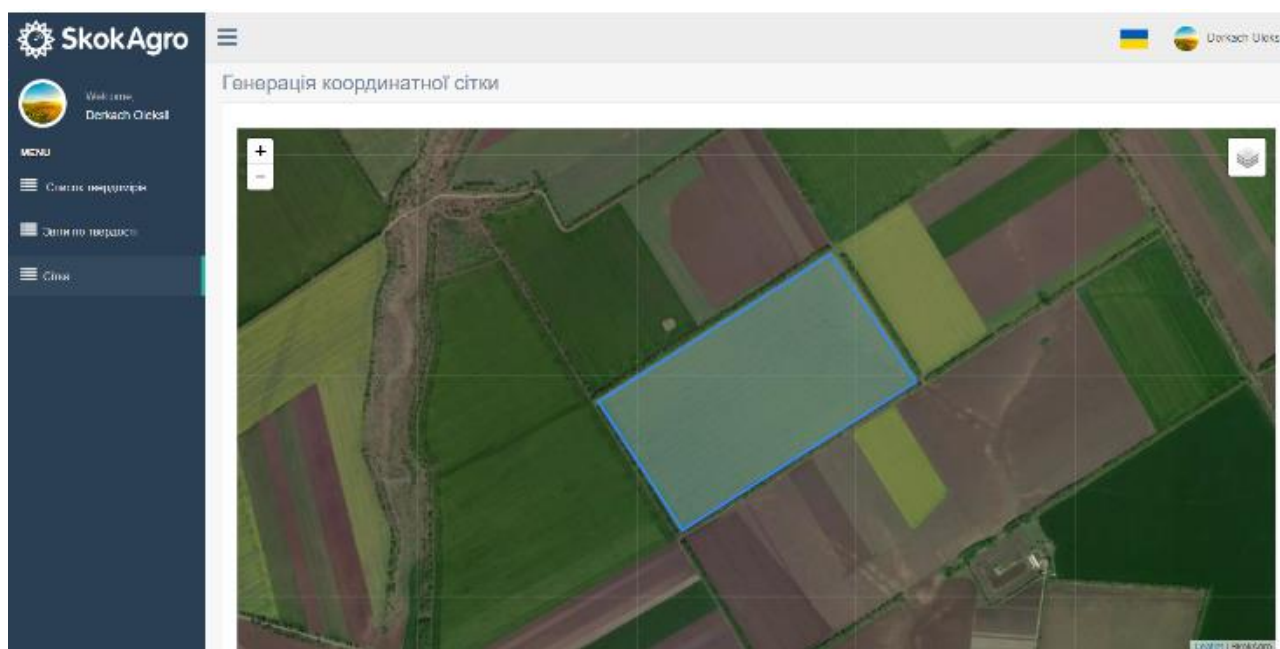


Рис. 5. Загальний вигляд інтерфейсу Skok Agro.

Оператор, який вимірює твердість ґрунту повинен провести ці заміри у визначених софтом Skok Agro точках (рис. 6).

У даному випадку оператору потрібно було знайти точку виміру на полі. Очевидно, для цього необхідно координати точок сумістити з іншим трекером, який повинен бути встановлений на мобільному пристрої оператора.

Виконання цього завдання реалізується наступним чином. Як видно, з рис. 6, наведену інформацію можна зберігати у файлові з розширенням «.kml». Даний файл, викачується із софта SkokAgro і надсилається на електронну скриньку оператора. Оператор відкриває отриманий файл у застосунках: GPX Viewer або Locus Map (рис. 7 а, b), або будь-якому іншому застосунку, який сприймає файли з розширенням «kml». Таким чином, користуючись даною програмою і

увімкнувши функцію «Місцезнаходження» на смартфоні, оператор рухається по полю і суміщає точки свого місцезнаходження і точки на полі.

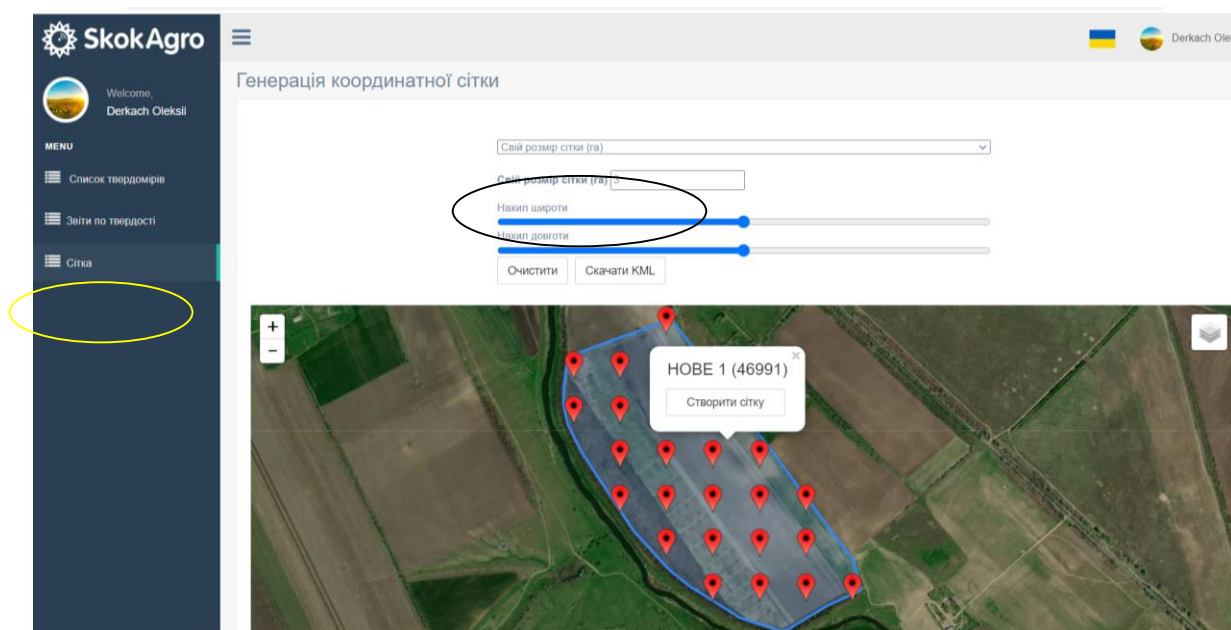


Рис. 6. Сітка точок вимірювань, створена в софті Skok Agro.

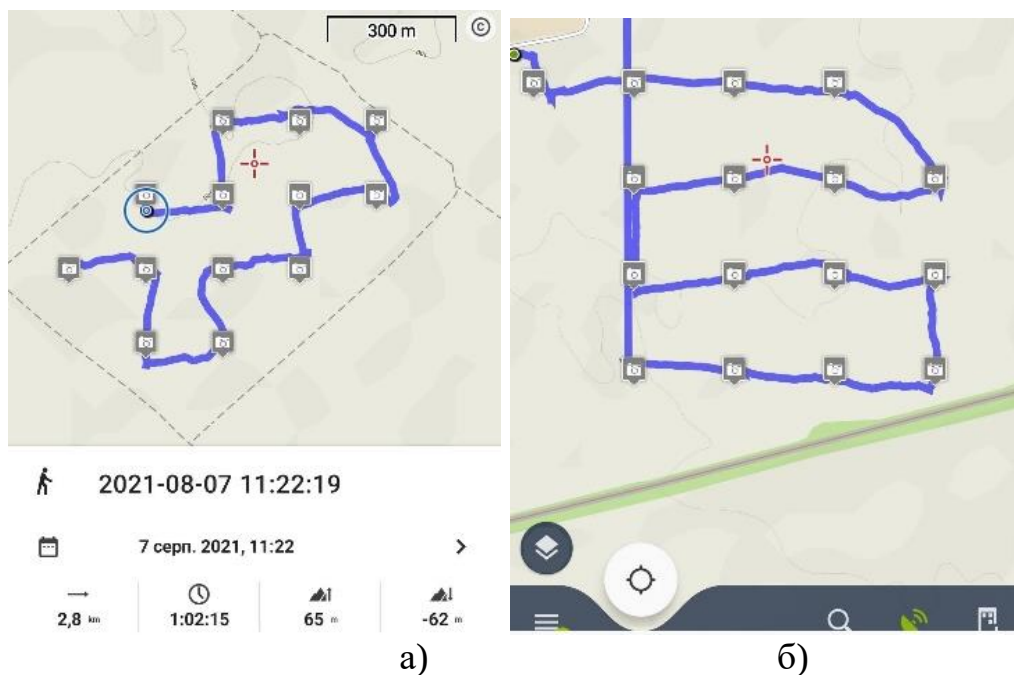


Рис. 7. Точки вимірювань і трекер переміщення оператора в застосунках: а – GPX Viewer; б – Locus Map.

Провівши вимірювання твердості ґрунту в заданих точках, оператор за допомогою GSM-зв'язку передає результати на сервер. У програмному забезпеченні Skok Agro відображаються ці результати (рис. 8). Твердість ґрунту визначається в кожній заданій точці на глибину 60 см з дискретністю 1 см. Таким чином маємо карту твердості ґрунту всього поля на глибину до 60 см.

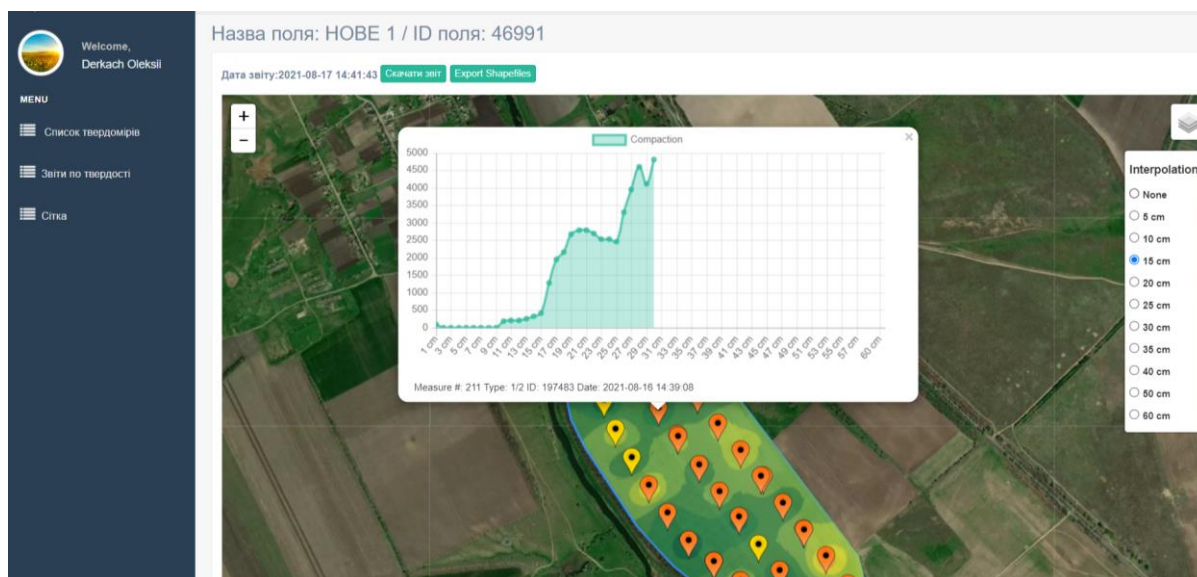


Рис. 8. Результаты твердости грунта одного из агропредприятий.

Так як у софті Skok Agro є можливість створювати і файли з розширенням «.share», то результати можуть бути інтегровані в інші софти точного та цифрового землеробства.

Експериментальна частина. На експериментальному полі T18 іншого агропідприємства було здійснено 14 вимірювань. Технологія вирощування – No Till з 2006 року. Отримані результати перенесли на портал Skok Agro. Встановлено, що на глибині до 40 см твердість ґрунту оптимальна і сприятлива для розвитку кореневої системи рослин (зусилля впровадження пірамідки пенетрометра в ґрунт склало до 3500 кПа). На рис. 9 наведені дані величини твердості ґрунту на глибині 40 см. У даному випадку, таке ущільнення зумовлено не дією рушіїв машин, а власною вагою ґрунтів. Отримані дані ущільнення поля T18 були перенесені до AFS Software – і це стало початком збору інформації про історію даного поля (рис. 10).



Рис. 9. Результаты замірів твердості ґрунту поля T18.

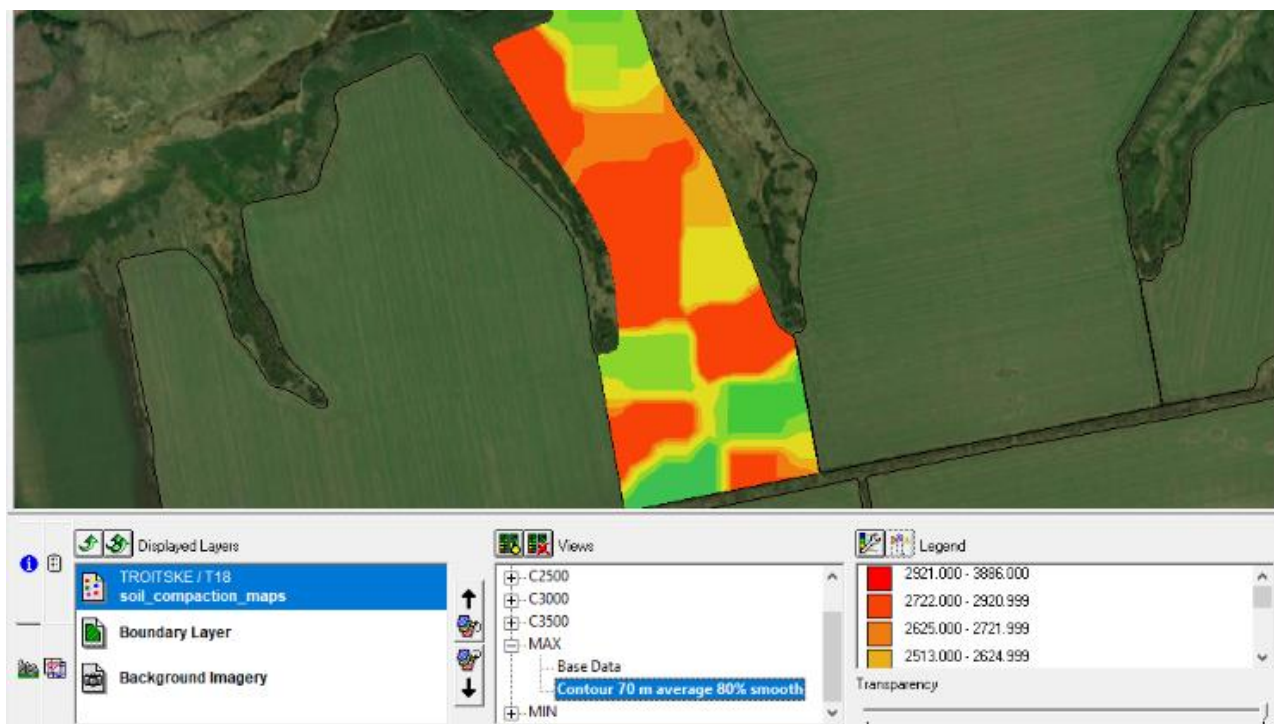


Рис. 10. Карта ущільнення поля T18 після обробки результатів в AFS Software.

Такі карти можна будувати для різної глибини з дискретністю 5 см. Що дало нам визначення величини ущільнення ґрунту? По-перше, електронні карти ущільнення ґрунту допомагають налаштовувати, наприклад, глибокорозпушувач, на правильну робочу глибину. Кожен додатковий неправильно ідентифікований сантиметр ущільнення ґрунту, що знаходиться нижче рівня 20 см веде до збільшення витрат палива в середньому на 1 л/га. Але, так як ТОВ «Агро КМР» працює на даному полі за технологією No-till, то ці карти ущільнення ґрунту підуть до історії поля для подальшого визначення зон високої, нормальної та заниженої врожайності та їх причини. В даному випадку ми встановили, що надмірного ущільнення ґрунту в зоні розвитку кореневої системи немає, а вплив різної щільності ґрунту не спричинить значної негативної дії на врожай. Отже, для агронома залишаються інші фактори, що впливатимуть на формування урожаю: наявність поживних речовин, ґрунтової вологи, тощо. Необхідно здійснювати постійний моніторинг індексу NDVI.

Зауважимо, що в процесі реалізації технологій точного та цифрового землеробства значну роль грають мінімум три великих чинника:

- величина ущільнення ґрунтів;
- забезпеченість ґрунтовою вологою;
- наявність поживних речовин (органічних та мінеральних).

Висновки. Використання даного пенетрометра і софта значно прискорює отримання даних, їх інтеграцію в інші софти [4] та забезпечує високу точність отриманих результатів. Використання і комбінація отриманих результатів з

іншими софтами, за допомогою яких отримують інші результати в землеробстві, сприяє підвищенню ефективності ведення агробізнесу.

автори висловлюють подяку власнику виробництва цифрових пенетрометрів S600 і софта Skok Agro – **Сергію Скок, який зараз боронить незалежність України в Збройних Силах України, за підтримку вітчизняної прикладної науки.*

Список літератури

1. Павліський В. М., Нагірний Ю. П., Мельник І. І. Проектування технологічних систем рослинництва. Тернопіль. Збруч, 2003. 256 с.
2. Інструкція з експлуатації твердоміра ґрунту Skok Agro S600. Версія 1.3. 2019 рік.
3. <http://portal.skokagro.com>.
4. Технологія Topsoil-Mapper. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.topsoil-mapper.com>.

**СЕКЦІЯ
ІННОВАЦІЇ АГРАРНОЇ НАУКИ LIVING LABS**

УДК 631.362.3

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

**DETERMINATION OF PROSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE
DEVELOPMENT OF FRACTIONAL TECHNOLOGIES OF CLEANING
AND SEPARATION GRAINS AND SEEDS**

Stepanenko S. P., Doctor of Science

*Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production of the National
Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

Kotov B. I., Doctor of Science

Institute of Higher Education "Podilskyi State University"

Volyk D. A., Postgraduate Student

*Institute of Mechanics and Automation of Agro-Industrial Production
of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine*

The separation of grain materials as a physical phenomenon is based on the difference in the physical and mechanical properties of the components of grain and seeds. It should be noted that this difference in the properties of the components cannot always be used for their separation [1, 2, 6-8, 10]. For example, according to the chemical composition or biological nature of the components of grain materials, it is possible to separate them with the help of mechanical influences only if this process is accompanied by different physical and mechanical properties.

For the correct selection of technical means when assembling technological lines for cleaning grain and its subsequent separation into fractions, it is necessary to know the numerical values of the values characterizing the properties of the components being separated, as well as their concentration during the separation process. The limits of changes in these properties depend on the variety, climatic conditions, time and method of harvesting, the position of the grain in the ear, humidity, etc. Some limits of changes in physical and mechanical properties of seeds of major crops and weeds are given in works [3-5, 9, 12]. In most cases, in cereal seeds, the possible signs of separation of components overlap significantly, which makes it necessary to use a combination of some signs for separation. Grain is considered difficult to separate if its integral distribution curves for one of the four characteristics (length, thickness, width, density) overlap the integral curve of the seed of the main crop by more than 7-8% [8, 9, 12].

In connection with the need to use various signs of separation to separate the raw material, all material in traditional technologies of post-harvest processing of grain is passed through several successively installed technical means of different effects on the material. Impurities are gradually separated on each technical means, and purified

grain of the main crop is obtained at the exit of the technological line. This technology is implemented in most serial technological lines [1, 2, 7, 12].

It should be noted that the actual productivity of serial grain cleaning lines is 1.5-3 times lower than the passport one for organizational, technical and technological reasons. The main technological reasons for the low productivity of serial grain cleaning lines are the non-rational loading of individual technical means and technological equipment as a result of their serial connection and the incompleteness of the cleaning and separation process according to quality indicators, which necessitates multiple passes of already separated material [6, 8, 10, 11]. Depending on the specific conditions of grain processing, any working body of the technical means can limit the productivity of the entire line due to their serial connection.

Such a connection of technical means for cleaning and separating grain and seeds with working bodies in technological lines, due to the limitation of their capabilities, causes a low separation capacity in general of the entire seed cleaning line [1-4]. Increasing the separation capacity of technological lines for grain cleaning by increasing the number of working bodies of the same type or installing parallel rows leads to an increase in costs per unit of the obtained products.

Scientific studies [7, 10, 11] have established that an increase in the content of a large light impurity in the raw material has a rather negative effect on the quality of work of air-screen separators, but a positive effect is observed under the conditions of work on triers. An increase in the productivity of technical means is accompanied by a simultaneous increase in the completeness of the separation of light impurities on the sieves and a decrease in the completeness of the separation of the small heavy fraction on the seeding sieves using air channels and triers. The authors made a conclusion about the expediency of dividing the initial grain material into several fractions: a small heavy fraction and a large light fraction for the purpose of their subsequent separate processing.

On the basis of the conducted research [4, 6, 12], a technological line was developed that implements the fractional principle of separation. In this line, the grain material after the pre-cleaning machine enters the sieve blocks made on the basis of the flat sieve machine for cleaning. From these grating blocks, the step fraction, which is 35-45% of the starting material, is fed to the trier block, and then to the pneumatic sorting tables. After that, the grain fraction enters the hopper with the purified grain fraction. The ladder fraction from the sorting punching sieves is cleaned in the air ducts and fed into the medium fraction hopper. The passing fraction from the sorting sieves, which is 15-25% of the starting material, is fed into the air-sieve separator. Then the received fraction is fed to the block of triers, and after them to the pneumatic sorting tables and enters the hopper of the small seed fraction. The estimated productivity of the line is within 20-25 t/h.

Quite a large volume of scientific research and research and development work was carried out by researchers [5-8]. Studies of the fractionation process were carried out on sieve machines according to dimensional characteristics. The raw material was divided into the following fractions: seed, food, fodder and waste. The first three

fractions undergo further separate processing. In this case, fractionation makes it possible to reduce costs for post-harvest processing of grain and seeds by up to 30%.

Scientific studies of seed fractionation processes [9-12] established that with the help of sieves, its preliminary preparation for separation by the following technical means is ensured by creating more favorable conditions for this, which allow to increase the separation capacity of technological lines, and subsequently, the separation capacity of seeds by aerodynamic feature and seed density. Solutions [2-4] are also known, in which, during the purification of the seed material, a biologically inferior fraction should be pre-separated from the source material. However, it is not always possible to separate the raw material into fractions according to a separate type of impurities or to isolate individual fractions in their pure form due to its multicomponent nature, the imperfection of the working organs and the constantly changing composition of the raw material. In most cases, production produces fractions containing the same components as the original grain material, but in different proportions.

In this regard, combined technical means should be used for fractionation processes, which will combine working bodies (air channel, sieve, trier, etc.), but for optimal loading of each of them simultaneously with fractionation, flexible regulation of volume is necessary. of the resulting fractions and their quality depending on the state of the original grain material. The need for such regulation arises in connection with the continuously changing composition of the original grain material.

One of the trends in the development of technical means for grain cleaning is the creation of seed fractionation units that combine a number of separating working bodies and provide them with internal flexible connections. A possible further development of this direction is a flexible technological connection of individual separating working bodies with a device for fractionation of seed material. Such a technological scheme will allow to regulate the quality of fractions and its volume depending on the composition of the starting material. This will allow the most efficient use of each working organ.

The analysis of the divisibility of the components of the grain material shows that the greatest difference between the components is observed in their length. At the same time, high clogging of the initial grain material requires its preliminary cleaning before being fed to sieves, triers and vibro-pneumatic tables. If air flow and sieve (failed, non-failed) working bodies are used for this purpose, each of them can separate up to 70-80% of impurities from the original grain material.

A comparative analysis of the separation ability of grain material on technical means and working bodies for separation according to the main characteristics (aerodynamic properties, thickness, width, length, density) shows that in real production conditions, the possibilities of air flow are used quite little. The technological efficiency of the air flow can be 20-35%. The reasons for this are design flaws resulting from the use of air channels as an additional working body in sieve grain cleaning machines. This leads to uneven loading of the air flow, unevenness of its velocity field, high concentration of components in the separation zone, and

complexity of technological adjustment. The greatest separation capacity of the air flow is achieved in the structural development of air channels as separate working bodies.

Studies [10-12] showed the expediency of grain material fractionation at the first stage of air flow processing using a pneumatic inertial separator. The use of high-speed introduction of material components into the air flow makes it possible to strengthen the effect of aerodynamic factors of separation, as well as to carry out fractionation of the material more clearly, especially under conditions when the grain material has increased moisture and clogging. When working according to fractional schemes, it is recommended to allocate from 5 to 10% of the seeds of the main fraction to secondary fractions. The isolation of secondary fractions at the first stage of processing allows to increase the separation capacity of the following working bodies and to unload the technological line.

From the given analysis of grain material separation schemes and technical means for implementing these processes, it follows that it is necessary to fractionate grain material using the combined effect of air flow and a sieve, taking into account the physical and mechanical properties of its components. Two-stage fractionation is also possible: in the first stage by an air stream, in the second – by a sieve (deco).

Fractionation of grain material by density is the last stage of preparation of the material for sowing and should be carried out in order to increase their separation ability, under the conditions of flexible regulation of the quality and volume of the obtained fractions.

The main areas of improvement of fractional technologies of cleaning and separation of grain and seeds can be considered:

1. Determination of the expediency of grain material fractionation taking into account its properties.
2. Justification of the branching of technological schemes taking into account the purpose of the processed material.
3. Determination of criteria for flexible management of the quantity, volume of received fractions and their quality, parameters for operational assessment of the quality of the technological process.
4. Justification of new combined working bodies for fractionation processes depending on the stage of grain material processing and its qualitative composition.
5. Development of flexible fractional grain cleaning and seed separation schemes, as well as evaluation of the economic efficiency of applied technological and technical solutions.

References

1. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, V. Shvydia, R. Kalinichenko, S. Kharchenko, T. Shchur, S. Kocira, D. Kwa'sniewski, D. Dziki. 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. doi.org/10.3390/pr10101929.
2. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study of the process of grain cleaning in a vibro-pneumatic resistant

separator with passive weeders. Series II: Forestry Wood Industry Agricultural Food Engineering. 2020. 13(62(1)). 117–128. doi: <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.1.11>.

3. Stepanenko S.P. Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity. Herald of Karaganda University. "Physics" series. № 1(105)/2022. p. 43-57. DOI: 10.31489/2022PH1/43-57.

4. S. Stepanenko, M. Aneliak, A. Kuzmych, S. Kustov, V. Lysaniuk 2022 Improving the Efficiency of Harvesting Sunflower Seed Crops INMATEH - Agricultural Engineering. Vol. 67, No. 2/2022, p. 331-340. DOI: 10.35633/inmateh-67-34.

5. Shvidia V.O., Kotov B.I., Stepanenko S.P., 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. DOI 10.31489/2022PH3/90-98.

6. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popyk P.S., Stepanenko S.P., Shvidia V.O. 2019. Experimental studies on drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH - Agricultural Engineering. Jan-Mar 2019, Vol. 57. Issue 1, p. 141-146. 6 p.

7. Rogovskii I.L., Stepanenko S.P., Novitskii A.V., Rebenko V.I. 2020. The mathematical modeling of changes in grain moisture and heat loss on adsorption drying from parameters of grain dryer. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 548 (2020) 082057. Vol. 13. pp.1-7. DOI:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/8/082057>

8. S. Stepanenko, R. Kudrynetskyi, V. Shvydia, V. Dnes, A. Kuzmych 2022 Applied software management of technological process of grain production on the granary / ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. VOL. 17, No. 21, november 2022. p. 1915-1923.

9. S. Stepanenko, B. Kotov, R. Kalinichenko 2022 Scientific justification of the process of separation of grain materials in the aerodynamic separator / International scientific conference (USA). The decision of the Organizing Committee of the conference "Global science and education in the modern realities '2022" № 11 on July 11, 2022. usc11-01, p.38-42. DOI: 10.30888/2709-2267.2022-11-01-004.

10. Kotov B.I., Stepanenko S.P., Kalinichenko R.A., Rud A.V., Grushetskyi S.M. Determination of grain movement characteristics in the presence of dry friction forces and medium resistance. Mechanization and electrification of agriculture: [National collection]. 2022. Issue 15 (114). / [NNC "IMESG"]. Glevakha, 2022. p. 81-87. DOI:10.37204/0131-2189-2022-15-9

11. Stepanenko S.P., Kotov B.I. Mathematical modeling of the fractionation process of grain material in a pneumogravity separator. Bulletin of the Lviv National Agrarian University "Agroengineering Research". Lviv: LNAU, 2021. Issue 25 (2021). P.12-20. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.012>.

УДК 631.56.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ОГЛЯД СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ СОЛОМИ ДО АНАЕРОБНОГО МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ

Валієв Т. О., аспірант

Поліщук В. М., доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Україна щорічно виробляє близько 50 млн. т зернових і зернобобових культур. Якщо врахувати, що співвідношення зерна до побічної продукції (соломи) становить приблизно 1:1, то солома, як побічний продукт, приблизно виробляється у тих самих обсягах [1].

Постає питання використання соломи. Традиційно до 20-25% від загальної кількості отриманої соломи використовуються на потреби тваринництва (в якості підстилки на тваринницьких фермах) [2]. При цьому ця солома разом із гноєм вноситься в ґрунт і використовується в якості органічного добрива. Разом із тим, поголів'я худоби в Україні з кожним роком скорочується (якщо на 2017 р. продукція тваринництва становила 28% від усієї продукції сільського господарства [3], то вже на 2020 р. – 22,7% [4]), а отже і потреба соломи для тваринництва зменшується.

Також соломі в невеликих кількостях (до 5% від отриманої кількості) використовують як субстрат для вирощування грибів, в будівництві і для отримання енергії. В останньому випадку соломі або спалюють в спеціальних котлах, або виробляють із неї паливні гранули і також спалюють. При цьому біомаса соломи втрачається як джерело поновлення гумусу ґрунту. При спалюванні соломи також утворюється велика кількість дрібних часток розміром близько 10 мкм, які надзвичайно небезпечні для здоров'я людини, тому вона користується меншим попитом, ніж інші види біопалива.

За даними Біоенергетичної Асоціації України, після збирання врожаю для поновлення гумусу ґрунту в ґрунт потрібно повернути не менше 60% стебел кукурудзи і 70% соломи. Тому така кількість рослинних залишків повинна бути подрібнена, розкидана по полю і приорана. Однак, при внесенні до ґрунту соломи, матеріалу, який багатий на вуглець та бідний на азот, призводить до закріплення легкодоступного азоту в ґрунті унаслідок посилення мікробіологічної діяльності та до зменшення врожайності наступної культури. Для пришвидшення розкладання і усунення депресії урожайності наступної культури в ґрунт треба додатково вносити амонійний азот, який краще засвоюється мікроорганізмами, що розкладають соломі (на 1 т соломи – 7-10 кг амонійного азоту).

Часто щоб уникнути витрат, пов'язаних із змішуванням соломи з ґрунтом та неможливості внесення азотних добрив після жнив, половина з цього обсягу

просто спалюється на полях [2].

Разом із тим, соломі також можна використовувати для виробництва іншого виду біопалива – біогазу. Традиційно найкращим субстратом для метанового бродіння, продуктом якого є біогаз, є гній ВРХ. Однак в цьому випадку вихід біогазу є занадто низьким, щоб забезпечити нормативну окупність біогазової установки. З метою підвищення виходу біогазу та вироблення енергії на даний час широко практикується спільне зброджування гною ВРХ із силосом кукурудзи. Разом з тим, цю сировину можна використовувати як корм для тварин та продуктів харчування для людини. Серед альтернативних джерел енергії все більшого значення набуває отримання біогазу з відходів, до яких належать солома, стебла тощо. При цьому дигестат біогазової установки містить вже біодеградовану солому, із внесенням якої в ґрунт не існує такої проблеми, як із непереробленою соломою. Також вся солома, яка була використана як косубстрат для виробництва біогазу, буде повернута в ґрунт разом із дигестатом, забезпечуючи відновлення родючості ґрунту і наявність гумусу в ньому.

Світова наукова спільнота все частіше звертає увагу на використанні соломи в якості косубстрату при виробництві біогазу. При цьому ця увага особливо загострилась в останні декілька років.

Із проведених досліджень відомо, що хоча солома має хороший метановий потенціал, характеристики соломи роблять її важким субстратом для метанового зброджування. Солома важко піддається анаеробному бродінню, оскільки містить міцний лігніноцелюлозний комплекс. Існують різні способи обробки лігніноцелюлозних матеріалів, які роблять їх доступними для анаеробних мікроорганізмів. Обов'язковим є механічне подрібнення соломи як перед її обробкою для розкриття лігніноцелюлозного комплексу, так і перед безпосереднім внесенням в субстрат, причом в останньому випадку чим менший розмір мають частки соломи, тим краще буде відбуватись її біодеградація. Проводились дослідження ефективності розкриття лігніноцелюлозного комплексу шляхом пропарювання соломи, її заморожування з наступним відтаванням, кавітації, а також дії на неї лугів (каустичної соди NaOH, гідроксиду калію KOH, гашеним вапном Ca(OH)_2), кислот (соляною кислотою HCl), перекисом водню (H_2O_2), пероксиду кальцію CaO_2 , сечовиною $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$, аміаком NH_3 , кальцинованою содою (Na_2CO_3), питною содою NaHCO_3 , хлоридом заліза FeCl_2 , органічними розчинниками, ферментами целюлазою, Cellic CTec2, ферментними матеріалами *Trichoderma reesei* RUT C30, макроміцетами *Pleurotus ostreatus*, *Trametes versicolor*, *Ganoderma lucidum*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Polyporus brumalis*, *Ceriporiopsis subvermisporea*, бактеріальними культурами *Delftia* sp. PP4_S3, *Bacillus Subtilis* тощо при різних їх концентраціях і температурних режимах обробки. Також були намагання метанового зброджування гранульованої соломи, в тому числі із використанням гашеного вапна. Результати досліджень досить різноманітні і потребують детального опрацювання.

Висновки. Солома може бути використана в якості сировини для отримання біогазу, однак для цього потрібно звільнити целюлозу і геміцелюлозу соломи від зв'язків із лігніном. Існують різні способи розкриття лігноцелюлозного комплексу соломи: шляхом пропарювання соломи, її заморожування з наступним відтаванням, кавітації, дії на неї лугів, кислот, перекису водню), пероксиду кальцію, сечовини, аміаку, кальцинованої і питної соди, хлориду заліза, органічних розчинників, ферментів целюлази, ферментними матеріалами мікро- і макроміцетів. Однак ефективність цих способів потребує подальшої експериментальної перевірки.

Список літератури

1. Кузнєцова А. Використання соломи в Україні – можливості та перспективи. К.: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2010. 24 с.
2. Ярош С. Я. Солома як альтернативний ресурс української енергетики. Ефективна економіка. 2016. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4743> (дата звернення 08.08.2022)
3. Україна у цифрах 2017: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2018. 241 с.
4. Україна у цифрах 2020: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2021. 46 с.

УДК 664.788

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ДИСКОВОГО ТИПУ ДЛЯ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА ГРЕЧКИ

Анеляк М. М., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Кузьмич А. Я., кандидат технічних наук, старший дослідник

Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва

Національної академії аграрних наук України

Існуючі технології виробництва гречаної крупи є досить складними і енергоємними, вимагають великої кількості обладнання. Технологічні процеси переробки гречки на крупу є досить складними у харчовому виробництві й потребують застосування глибоко спеціалізованого обладнання, що зумовлено необхідністю забезпечити фракціонування зерна гречки на шість окремих фракцій. Тому в організації круп'яного виробництва важливо прискіпливо підійти до вибору технологічного обладнання. У використанні різних технологій і обладнання середній вихід гречаної крупи може коливатися від 60 до 77% залежно від якості вихідної сировини й отриманого сорту крупи. Як правило,

в першій фракції частка ядриці може досягати 75%, а в шостій фракції 25%, тоді як питома вага проділу, відповідно, становитиме 11 та 20%.

Основна дилема у виборі технологічних рішень і обладнання в круп'яному виробництві полягає в необхідності забезпечити максимальний вихід і якість готової продукції за умов прийнятних капітальних інвестицій. Зокрема, складність переробки гречки на крупу зумовлена особливістю будови її зернівки, що в значній мірі впливає на процес лущення зерна.

Гідротермічна обробка зерна (ГТО) дозволяє покращити процес лущення зерна, але при дії однакової температури та тиску пари на зерно гречки різної крупності та виповненості отримується продукт, неоднорідний за своїми технологічними показниками. Крім того, відомо, що жорсткі режими гідротермічної обробки призводять до денатурації білків, руйнування більшості вітамінів, тому дрібніші фракції гречки при однакових режимах ГТО піддаються більш інтенсивній дії температур і тиску пари. При цьому вихід готової продукції та її якість з харчової цінності не завжди реалізують потенційні можливості, що закладені в зерні.

Слід також відмітити, що процеси пропарювання й сушіння вимагають значних витрат теплової енергії. Аналіз технологій і конструкцій обладнання для виробництва крупи показує, що одним із факторів впливу на якість виходу готової продукції та зменшення капітальних інвестицій є розробка високоефективних технічних засобів лущення зерна та можливості вироблення крупи гречаної без застосування гідротермічної обробки, тобто «зеленої». На базі цієї технології також можлива переробка гречки без застосування пари з метою одержання «зеленої» гречки. Розроблено лущильний пристрій дискового типу для лущення зерна гречки. Обґрунтовано конструкційні параметри конфігурації робочих поверхонь абразивних кругів та їх вплив на якість лущення зерна гречки. Встановлено вплив на якість лущення зерна гречки частоти обертання нижнього абразивного круга і робочих зазорів між абразивними кругами. Встановлено також, що найбільш раціональним варіантом компоновки абразивних кругів виявилась компоновка абразивних кругів, у випадку, коли верхній круг мав проточку на боковій поверхні у вигляді зрізаного конуса з вершиною до центра круга та з кутом нахилу конусної поверхні 4° і шириною робочої фаски бічної поверхні конусного круга 12 мм, а нижній круг використовувався з плоскою боковою поверхнею.

Список літератури

1. Шутенко Є. І. Технологія круп'яного виробництва: навчальний посібник. Київ. Освіта України. 2010. 272 с.
2. Дмитрук Є. А., Ільчук В. Б., Шаран А. В., Железова Н. П. Техніко-економічні аспекти приймання та переробки гречки. Зберігання і переробка зерна. 2007. № 3. С. 17–19.
3. Жигунов Д. О., Соц С. М., Дроздов А. Ю. Виробництво і якість гречаних продуктів. Зернові продукти і комбікорми. 2016. Вип. 64. Том. 4. С. 22–25.

4. Радченко М. В., Дутченко З. Я. Вплив гідротермічної обробки зерна гречки на вихід та якість крупи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2013. Вип. 11 (26). С. 128–130.

УДК 631.362.3

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЯ ЗА ГУСТИНОЮ

***Степаненко С. П., доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Волик Д. А., аспірант
Попадюк І. С.***

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України*

Розділення зернового матеріалу, як відомо, відбувається за основними ознаками відмінностей зернівок, за додатковими ознаками або використовуючи поєднання декількох ознак [1, 2, 4, 8, 9].

З проведених наукових досліджень [4, 6-7] відомо, що до основних ознак відносяться: геометричні розміри, маса, швидкість витання, густина насінини, магнітні властивості тощо. На даний час не кожену ознаку можна оцінити та виокремити за допомогою існуючих технічних засобів, тому використовують супутні ознаки, що можуть отримати безпосередню кількісно-якісну оцінку за умов розділення зерна і насіння.

Застосування існуючих робочих органів з одним типом дії на матеріал в умовах сьогодення вичерпало можливості до подальшої його інтенсифікації [7-9]. Відомо, що комбінована дія з боку робочих органів машини позитивно впливає на інтенсифікацію внутрішніх процесів [8]. Слід зауважити, що використання декількох типів активних сил може відбуватись одночасно - в такому випадку рух зернівки набуває нового характеру та потребує подальших наукових досліджень і обґрунтування, або послідовно – коли зерновий матеріал проходить декілька етапів впливу, кожен з яких було досліджено раніше в машинах з одноманітним способом поділу [1, 2]. Поєднання активних сил має синергійний ефект, найвідоміші машини з таким типом інтенсифікації поєднують дію вібрації та пневматичну дію від повітряного потоку.

Для усвідомлення фізичної суті процесу розділення (поділу) зернових матеріалів за густиною зернівок, слід проаналізувати відомі технічні засоби для реалізації даного процесу.

В ІМА АПВ НААН розроблена конструкційна схема (рис. 1.а) та 3-D модель конструкції пневмоімпульсного-решітного сепаратора для розділення

насіння за густиною (рис. 1.б), яка захищена патентом на винахід [5], а також було проведено математичне моделювання руху пульсуючого повітряного середовища при штучному розпушенні насіння за довжиною решета (деки) сепаратора (рис. 2, 3).

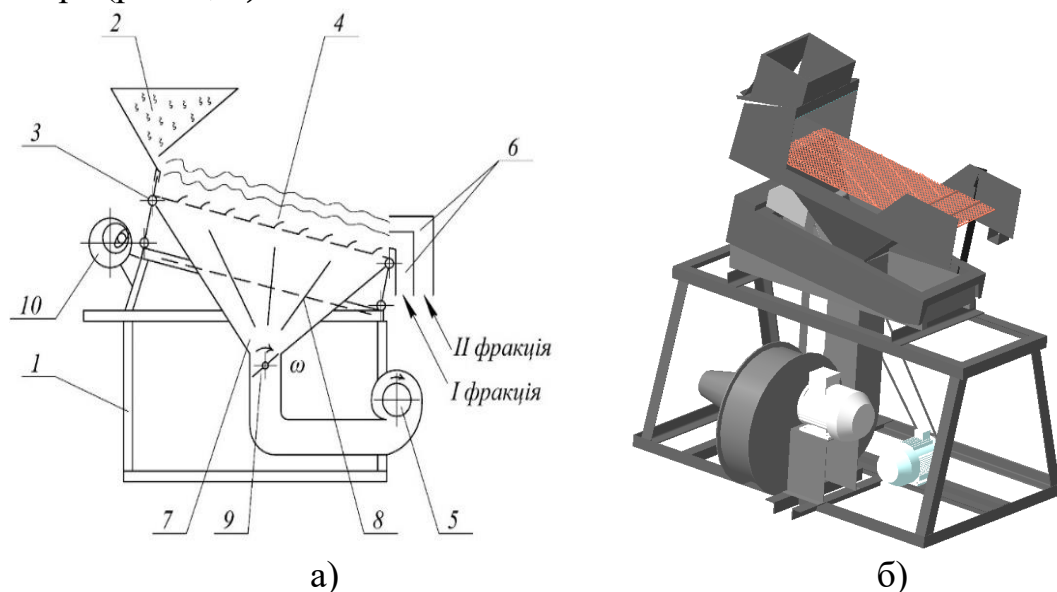


Рис. 1. Пневмоімпульсний-решітний сепаратор для розділення насіння за густиною [5]: 1 – рама, 2 – рама, 3 – шарнірні підвіски, 4 – безпровальне решето, 5 – вентилятор, 6 – канали для розділення фракцій, 7 – вхідний канал, 8 – розподільчі елементи, 9 – пульсатор повітря, 10 – вібратор. а) конструкційна схема пневмоімпульсного-решітного сепаратора; б) 3-D модель пневмоімпульсного-решітного сепаратора.

Принцип роботи запропонованої конструкції технічного засобу наступний. Вхідний зерновий матеріал, що наповнює бункер потрапляє на передню частину решета безпровального. Вентилятор по трубопроводу через пульсатор повітря та вхідний канал нагнітає повітря під безпровальне решето. Розподільчі елементи забезпечують рівномірний розподіл повітря по всій довжині безпровального решета. Решето маючи шарнірні підвіски за допомогою вібраційного пристрою забезпечує вібраційний рух. Зерновий матеріал, потрапивши на непробивне решето, під дією вібрації та повітряного потоку розпушується, і легкі домішки, що мають низьку питому вагу та високий коефіцієнт аеродинамічного опору, захоплюються повітряним потоком, і переміщується у верхні шари зернового матеріалу, що рухається по безпровальному решету. В кінці безпровального решета за допомогою каналів проходить процес розділення верхніх та нижніх шарів зернового матеріалу на різні фракції.

Математичне моделювання процесу руху пульсуючого повітряного середовища при штучному розпушенні насіння з подальшою його рекомбінацією за висотою шару і за довжиною решета (деки) сепаратора в пневмоімпульсному-решітному сепараторі для розділення насіння за густиною було складено

математичну модель (1), яка дозволила імітувати процес руху повітряного середовища в аспіраційній системі сепаратора.

За умови використання пульсувального потоку повітря аналітично складно описати дискретно-періодичну зміну швидкості потоку повітря, яке подається через перфоровану опорну поверхню в шар, тому як перше наближення можна прийняти зміну швидкості повітря в часі за гармонічним законом і описати відповідно рівнянням [1, 2, 9].

Вводячи переносну систему координат, жорстко зв'язану з опорною поверхнею (нахиленою під кутом α до горизонту, а вісь ou спрямовано нормально до неї), і проектуючи сили, що діють на насінину, отримаємо диференціальні рівняння руху зернівки у вібропневозбудженому шарі:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \bar{m}g \sin \alpha \pm \bar{m}A_1\omega_1^2 \cdot \cos \beta \cdot \sin(\omega_1 t) - R_\mu \frac{dx}{dt} \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right)^{-1} + K_a \left(A_2(1 - \sin \omega_2 t) - \frac{dx}{dt} \right) \cos \gamma; \quad (1)$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \bar{m}g \cos \alpha \mp \bar{m}A_1\omega_1^2 \cdot \sin \beta \cdot \sin(\omega_1 t) \frac{dx}{dt} - R_\mu \left(\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} \right)^{-1} + K_a \left(A_2(1 - \sin \omega_2 t) - \frac{dy}{dt} \right) \sin \gamma; \quad (2)$$

де $\bar{m} = m - m_o$ – для важкої частини; $\bar{m} = m_o - m$ – для легкої частини.

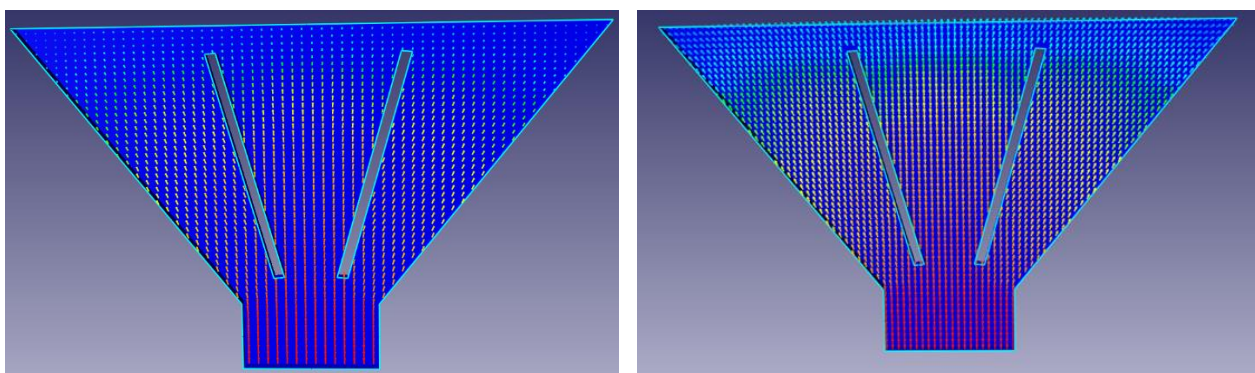


Рис. 2. Модель руху пульсуючого повітряного середовища у векторній формі.

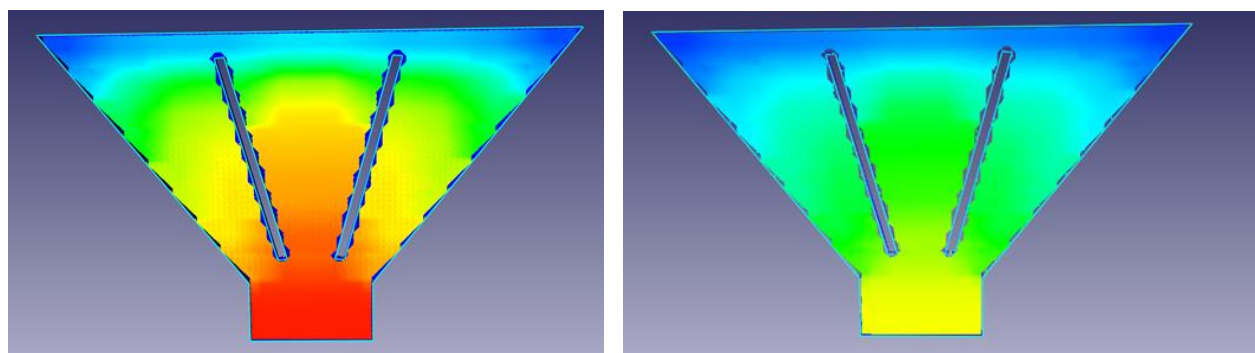


Рис. 3. Модель руху пульсуючого повітряного середовища за висотою аспіраційної камери.

За результатами досліджень процесу руху повітряного середовища під безпровальним решетом (декою) в прикладному програмному забезпеченні було отримано епюри швидкостей руху повітря та його рівномірність розподілу за площею безпровальної поверхні решета і за висотою аспіраційної камери, як наведено на рис. 2 та рис. 3.

Обґрунтовано раціональні конструкційні та режимні параметри в пневмоімпульсному-решітному сепараторі, а також встановлено координати положення поділяючого пристрою, які зумовили до необхідності зниження рівня лінії поділу і, відповідно, збільшення кількості зернівок основного компонента у повноцінній фракції.

Аналіз результатів показує, що застосування пульсувального повітряного потоку зі змінною швидкістю дозволяє суттєво збільшити величину розщеплення траєкторій руху зернівок і відповідно ефективність процесу розділення зернового матеріалу, тобто ефективно збільшити швидкість проходження зернівки крізь вібропневмозріджений шар зернового матеріалу. Порівнюючи з наявними сепараторами, які використовують горизонтальні та похилі деки, за попередніми даними, ефективність розділення зернового матеріалу збільшується на 35–42 %.

Список літератури

1. Алієв Е. Б. Механіко-технологічні основи процесу прецизійної сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику: дис. ... д.т.н. : 05.05.11. Харків. 2020.

2. Богатирьов Д. В. Обґрунтування параметрів пневмоімпульсної машини для сепарації насіння за густиною: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 : Кіровоградський національний технічний ун-т. Кіровоград, 2005. 19 с.

3. Богатирьов Д.В., Скриннік І.О., Юрченко О.В. Обґрунтування технологічних параметрів зернового сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 49. Кропивницький : ЦНТУ. 2019. С. 34-42

4. Пневмоімпульсний решітний сепаратор для сепарації насіння за густиною : Україна: МПК 7 A01C1/00 № u 2022 04330 від 15.11.2022., заяв 15.11.2022; опубл. 15.03.2023; бюл. № 2.

5. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, V. Shvydia, R. Kalinichenko, S. Kharchenko, T. Shchur, S. Kocira, D. Kwa'sniewski, D. Dzik (2022). 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. doi.org/10.3390/pr10101929.

6. Stepanenko S.P. Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity. Herald of Karaganda University. "Physics" series. № 1(105)/2022. p. 43-57. DOI: 10.31489/2022PH1/43-57.

7. 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, p. 331-340. DOI: 10.35633/inmateh-67-34.

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

УДК 631.313.6

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АСИМЕТРИЧНОЇ ДИСКОВОЇ БОРОНИ

Гриценко О. П.

*Насонов В. А., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Степаненко С. П., доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національна академія аграрних наук України*

Проаналізувавши технології передпосівної підготовки поля слід зробити висновок, що ґрунт перед посівом обробляють культиваторами, дисковими, зубовими та голчастими боронами, а також ґрунтообробними котками [1, 3, 4, 6, 7]. Прикочування перед посівом забезпечує руйнування грудок ґрунту, а також часткове вирівнювання поверхні поля. Однак завдання якісної підготовки поля до посіву із застосуванням дискових борін в даний час вирішено недостатньо [2, 4, 6, 7], тому необхідно обґрунтувати раціональні конструкційні параметри асиметричної дискової борони, що містить робочі органи, які включають, зокрема, сферичні диски.

З метою підвищення якості обробітку ґрунту, розпушення ґрунту і забезпечення зароблення у ґрунт стерні, подрібненої соломи і органічних добрив в ННЦ «ІМЕСГ» розроблено універсальне знаряддя для обробки ґрунту [1, 2, 5]. Універсальність полягає в тому, що його можна використовувати в комбінації з культиваторами, зерновими сівалками і агрегатами для основної відвальної або безвідвальної обробки ґрунту.

Знаряддя для обробки ґрунту (рис. 1) включає: причіпний пристрій 1; передню батарею 2; задню батарею 3 на яких на одній вісі обертання закріплюються сферичні диски.

В ННЦ «ІМЕСГ» [1, 2, 5] виготовлено асиметричну дискову борону, з можливістю регулювання збільшення кутів атаки дисків, яке обумовлює зростання поворотного моменту, що діє на борону з боку дисків, за рахунок кінематичного зв'язку між причіпним пристроєм і передньою поворотною балкою, причіпний пристрій автоматично віддаляється від середньої лінії борони

і тому відповідно зростає момент, який діє на борону збоку трактора. Тому рівність цих моментів і зрівноваження борони зберігаються.

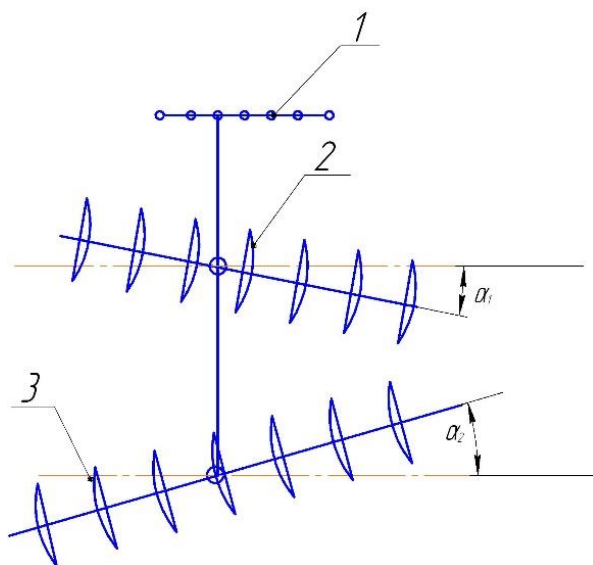


Рис. 1. Схема асиметричної дискової борони: 1 – причіпний пристрій; 2 – передня батарея; 3 – задня батарея.

Необхідно також відмітити наступне, якщо борона призначена для використання на більш твердому, наприклад, чорноземному ґрунті, то штанга приєднується до отвору більш віддаленому від осі повороту двоплечого важеля, що забезпечує віддалення причіпного пристрою від середньої лінії борони, що обумовлює збереження її зрівноваження при роботі на такому ґрунті.

Приклад реалізації даного процесу наведено в [2-4], де зображена асиметрична дискова борона (вид зверху).

Перед початком роботи борони, в залежності від типу ґрунту, штанга закріплюється до відповідного отвору у важелі. Так якщо, наприклад, борона буде використовуватись на найбільш тяжких глинястих ґрунтах, то штанга закріплюється до отвору, розміщеного на кінці плеча важеля. При цьому, початкова відстань K від причіпного пристрою до середньої лінії борони буде максимальною. В результаті цього поворотний момент, що передається від сили тяги трактора на борону буде максимальним і він буде зрівноважувати підвищений поворотний момент, який буде діяти на борону від опору переміщенню дисків тяжкого глинястого ґрунту. А якщо борона буде використовуватись на легких супіщаних ґрунтах, то штанга закріплюється до отвору, найбільш віддаленого від кінця плеча важеля. При цьому початкова відстань K від причіпного пристрою до середньої лінії борони буде мінімальною але поворотний момент, що діє від сили тяги трактора буде достатнім для зрівноваження меншого моменту, який діє на борону від меншого опору легкого супіщаного ґрунту переміщенню дисків.

Після цього, в залежності від необхідної глибини обробітку ґрунту, встановлюються необхідні кути атаки дисків. Для цього борона відповідним

пристроєм коліс переводиться в транспортне положення, стяжні болти виймаються із отворів пар шайб і звільняється фіксатор. Зусиллям тракториста повороті балки повертаються навколо шарнірів на необхідні кути і стяжні болти вставляються в інші отвори, а пари шайб знову стягуються болтами. Причому, при повертанні передньої балки рух через кінематичний зв'язок передається на причіпний пристрій, який автоматично переміщується вздовж бруса на необхідну відстань. При збільшенні кутів атаки дисків відстань K від причіпного пристрою до середньої лінії борони зростає, що забезпечує відповідне збільшення поворотного моменту, що передається від сили тяги трактора на борону, і забезпечує зрівноваження збільшеного за рахунок зростання глибини обробітку ґрунту поворотного моменту, яке діє на борону за рахунок опору ґрунту переміщенню дисків. При зменшенні кутів атаки дисків відстань K автоматично зменшується, що також забезпечує рівність цих двох моментів.

Таким чином, під час роботи даної асиметричної дискової борони на різних ґрунтах і при різних кутах атаки дисків зберігається рівність поворотних моментів, який обумовлюється зміщенням сили тяги трактора від середньої лінії борони і від опору ґрунту дискам при їх роботі. Оскільки ці моменти спрямовані у протилежні боки, то сумарний поворотний момент, який діє на борону, буде дорівнювати нулю, тобто при роботі борона повністю врівноважується і працює як симетрична. Одночасно з цим вона значно простіша симетричної, має меншу питому металоємність і забезпечує кращу якість обробітку ґрунту.

Після проходження дискової борони по полю верхній шар ґрунту вирівнюється, має дрібнокомкувату структуру, а максимальний розмір грудок ґрунту не перевищує мінімальних розмірів грудок ґрунту, що допускаються агротехнічними вимогами до передпосівної обробки. Наявність пухкої та дрібнокомкуватої структури у верхньому шарі ґрунту запобігає винесенню вологи та утворенню тріщин на поверхні поля.

Розглянемо процес прямолінійного руху та обертання сферичних дисків з радіусом R , м, у ґрунті на глибині h , м, і встановлених під кутом α_1 та α_2 до напрямку руху борони повинен відбуватися наступним чином. При зіткненні з рештками стерні, подрібненої соломи сферичні диски повинні затискати між загостреною ріжучою кромкою та ґрунтом і розрізати їх. В цьому випадку кут контакту дисків α з ґрунтом буде кутом защемлення, як наведено на рис. 2.

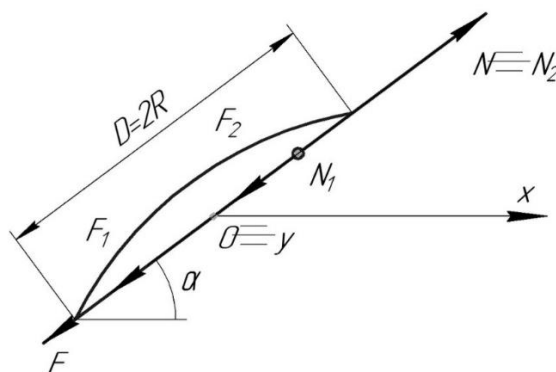


Рис. 2. Схема до визначення діаметра сферичного диска.

При взаємодії ріжучої кромки сферичного диска з грудкою ґрунту, або рештками стерні виникають дві нормальні сили: N_1 – сила, яка буде прагнути виштовхнути грудку або соломину, і N_2 – перпендикулярна до загостреної ріжучої кромки. Результируюча сила $N = N_1 + N_2$, яка буде прагнути виштовхнути грудку з защемлення загостреної ріжучої кромки сферичного диска і поверхні ґрунту в напрямку осі Ох.

Між поверхнею грудки і поверхнею ґрунту також виникає сила тертя F_1 і сила тертя F_2 між загостреною ріжучою кромкою сферичного диска та ґрунтом. Результируюча сила тертя $F = F_1 + F_2$ буде спрямована у бік, зворотній напрямку обертання сферичного диска борони.

Для гарантованого обертання сферичного диска у ґрунті з мінімальним проковзуванням і опором коченню необхідно обґрунтувати його діаметр. Так як сферичний диск для обробітку ґрунту встановлений під кутом атаки α , до напрямку руху борони, то в поздовжньо-вертикальній площині проекція сферичного диска є еліпс з півсями R і $(R \cdot \cos \alpha)$.

Для визначення величини кута δ , який утворений силою N і дотичною лінією до загостреної ріжучої кромки сферичного диска, необхідно продиференціювати вираз по змінній величині x :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-x}{\cos \alpha \cdot \sqrt{[R \cdot \cos \alpha]^2 - x^2}}; \quad (1)$$

Для визначення величини x необхідно врахувати, що в точці контакту загостреної ріжучої кромки сферичного диска з грудкою ґрунту $y = -[R - h]$.

Виразивши з формули (1) змінну величину x , отримаємо:

$$x = \pm \sqrt{[R \cdot \cos \alpha]^2 \cdot \left[1 - \frac{[R-h]^2}{R^2}\right]} = \pm \cos \alpha \sqrt{R^2 - [R - h]^2} \quad (2)$$

Вирішуючи квадратне рівняння відносно R отримаємо:

$$R = h \cdot \left[\frac{1}{[\tan \gamma_1 + \tan \gamma_2]^2 \cdot [\cos \alpha]^2} + 1 + \sqrt{\frac{1}{[\tan \gamma_1 + \tan \gamma_2]^2 \cdot [\cos \alpha]^2} + 1} \right] \quad (3)$$

Таким чином, раціональний діаметр сферичного диска дискової борони залежить від величини його занурення в ґрунт h , кута атаки α і фізико-механічних властивостей ґрунту.

Список літератури

1. Гриценко О. П. Деякі аспекти підвищення ефективності дискових борін. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2005. Вип. 93. С. 260-263.
2. Гриценко О. П. Теоретичні дослідження стійкості руху асиметричної дискової борони. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2009. Вип. 93. С.89-100.
3. Гуков Я. С. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.20.01 ; Ін-т механізації та електрифікації сіл. госп-ва УААН. Глеваха, 1998. 32 с.

4. 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.

5. Патент України №99016, МПК (2012.01) A01B 21/08 (2006.01). Асиметрична дискова борона /О.П. Гриценко, Я.С. Гуков, В.І. Саченко, В.К. Мойсеєнко (Україна). № а 2010 13465; заявлено 12.11.2010; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.

6. 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. DOI:<https://doi.org/10.37204/0131-2189-2021-14-1>.

7. Bulgakov V., Aboltins A., Beloev H., Nadykto V., Kyurchev V., Adamchuk V., Kaminskiy V. (2021). Experimental investigation of plow-chopping unit. Agriculture (Switzerland), 11 (1), 1–14. doi: 10.3390/agriculture11010030.

УДК 631.362.3

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ У КАЧАНАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАКУУМНОЇ СУШАРКИ

***Швидя В. О., кандидат технічних наук, старший дослідник
Степаненко С. П., доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Коновал О. О.***

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України*

Насінина кукурудзи складається з щільної оболонки, ендосперма та зародку, який становить близько 13 % від загальної маси насінини. Щільна оболонка насінини ускладнює процес випаровування вологи, тому волога з насінини, згідно досліджень [1-4] видаляється дифузійно через сім'яніжку, що з'єднує зародок насінини з стрижнем. Ендосперм має дуже низький коефіцієнт дифузії, що являється причиною низької вологовіддачі насіння кукурудзи. Враховуючі дані фактори та дані досліджень [5-7] для математичного опису процесу сушіння насіння кукурудзи в качанах будемо використовувати диференціальне рівняння дифузії [3-6].

Для спрощення математичного опису процесу сушіння насіння кукурудзи в качанах будемо вважати насінину кукурудзи та стрижень однорідними, які мають, відповідно, однакові коефіцієнти дифузії в будь-якій точці. Теплотехнічні коефіцієнти насінини та стрижня приймаються незмінними на протязі усього процесу сушіння. Дифузійний потік направлений вздовж відрізка, який з'єднує

середину насінини з серединою торцевої поверхні стрижня качана. Качан кукурудзи розглядається, як рівновеликий циліндр. Із-за зв'язку насінини кукурудзи з стрижнем качана початкова і кінцева вологість насінини і стрижня рівні між собою. Проміжки та пустоти між насінинами відсутні. Випаровування вологи з качана кукурудзи відбувається з торцевих поверхонь стрижня за експоненціальним законом, показник степеня якого залежить від розрідження всередині сушильної камери [4, 6].

Схема випаровування вологи з качана кукурудзи наведена на рис. 1.

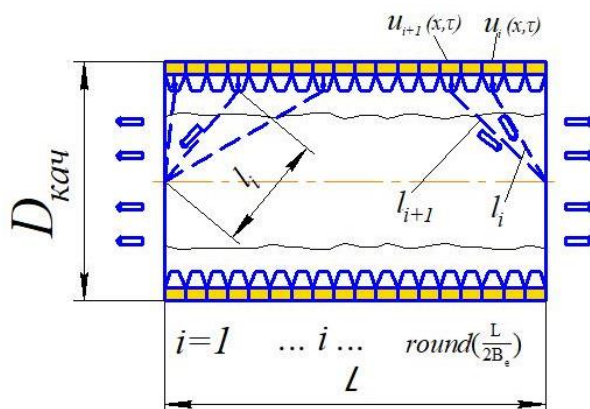


Рис. 1. Схема видалення вологи під час вакуумного сушіння насіння кукурудзи в качанах.

Нехай насінина кукурудзи з еквівалентною B_e шириною та X_e еквівалентною довжиною з'єднана з стрижнем, а волога по стрижню качана проходить шлях l_i до поглинального екрану, де волога з стрижня випаровується по закону:

$$u_k(\tau) = (u_{k0} - u_{kp}) \cdot e^{-\left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2}\right) \cdot \tau} + u_{kp}, \quad (1)$$

де u_{k0} , u_{kp} – початкова і рівноважна вологість качана кукурудзи, відповідно, %;

$A1_k$ та $A2_k$ – режимні коефіцієнти, які визначають теплофізичні характеристики стрижня качана, Па/с та Па²/с, відповідно;

P – розрідження всередині сушильної камери, Па.

Рівняння для дифузії вологи в стрижні качана на довжині l_i набуває вигляду:

$$\frac{\partial u_k}{\partial \tau} = \beta_k \frac{\partial^2 u_k}{\partial x^2}, \quad (2)$$

де β_k – коефіцієнт дифузії вологи в стрижні качана, м²/с;

x – відстань від поглинального екрану, м.

За граничних умов:

$$u_k(0, \tau) = (u_{k0} - u_{kp}) \cdot e^{-\left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2}\right) \cdot \tau} + u_{kp}. \quad (3)$$

Значення функції $u_k(l_i, \tau)$ безперервно спадає.

Так як за координатою l_i вологість неперервно спадає, то будемо вважати це центром кулі діаметром $2l_i$, поверхня якої випаровується за законом (1).

Рівняння (2) являється диференціальним рівнянням в частинних похідних другого порядку параболічного типу. Його можна вирішити через введення додаткової функції за методом [8-10], попередньо прийнявши значення власної функції граничної задачі: $\varepsilon_n = \frac{\pi \cdot n}{2 \cdot l_i}$.

Динаміка вологості в стрижні качана на довжині l_i :

$$u_k(x, \tau) = (u_{k0} - u_{kp}) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi \cdot n} \cdot [1 - \cos(\pi \cdot n)] \times \\ \times \frac{A1_k \cdot P + A2_k}{A1_k \cdot P + A2_k + \beta_k \cdot \varepsilon_n^2 \cdot P^2} \cdot \sin(\varepsilon_n \cdot x) \cdot \left\{ 1 - \exp \left[- \left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2} + \beta_m \cdot \varepsilon_n^2 \right) \cdot \tau \right] \right\} + \\ + (u_{k0} - u_{kp}) \cdot e^{-\left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2} \right) \cdot \tau} + u_{kp} \quad (4)$$

Аналогічно знаходимо динаміку вологості всередині насінини кукурудзи.

Рівняння для дифузії води в стрижні качана на довжині l_i набуває вигляду:

$$\frac{\partial u_{\text{нас}}}{\partial \tau} = \beta_n \frac{\partial^2 u_{\text{нас}}}{\partial x^2}, \quad (5)$$

де β_n – коефіцієнт дифузії вологив насінини кукурудзи, $\text{м}^2/\text{с}$.

За методом [8-10], прийнявши значення власної функції граничної задачі: $\varepsilon_i = \frac{\pi \cdot n}{2 \cdot X_e}$, отримуємо динаміку вологості всередині насінини кукурудзи:

$$u_{\text{нас}}(x, \tau) = (u_{k0} - u_{kp}) \cdot \left\{ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi \cdot n} \cdot [1 - \cos(\pi \cdot n)] \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot n}{2} \right) \times \right. \\ \times \frac{A1_k \cdot P + A2_k}{A1_k \cdot P + A2_k + \beta_k^2 \cdot \varepsilon_n \cdot P^2} \cdot \left[\left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2} \right) \cdot \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2}{\pi \cdot i} \cdot [1 - \cos(\pi \cdot i)] \times \right. \\ \times \frac{P^2 \cdot \beta_k \cdot \varepsilon_n^2}{\beta_n \cdot \varepsilon_i^2 \cdot P^2 - \beta_k \cdot \varepsilon_n^2 \cdot P^2 - A1_k \cdot P - A2_k} \times \\ \times \left. \left[e^{-\left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2} + \beta_k \cdot \varepsilon_n^2 \right) \cdot \tau} - e^{-\beta_n \cdot \varepsilon_i^2 \cdot \tau} \right] \cdot \sin(\varepsilon_n \cdot x) \right] \right\} \times \\ + (u_{k0} - u_{kp}) \cdot e^{-\left(\frac{A1_k}{P} + \frac{A2_k}{P^2} \right) \cdot \tau} + u_{kp}. \quad (6)$$

Аналіз залежностей показує, що частина насінини з координатою X_e сохне найдовше. Тому при вакуумному сушінні насіння кукурудзи виникає градієнт вологості.

Довжина шляху води в стрижні качана l_i для кожної насінини має різну довжину: на початку - найкоротша, на середині - найдовша. Її довжину можна визначити, як гіпотенузу прямокутного трикутника, де катетами виступає радіус стрижня та координата розташування насінини в ряду.

Список літератури

1. Shvidia V.O., Kotov B.I., Stepanenko S.P., 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. DOI 10.31489/2022PH3/90-98
2. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Solomka O.V., Popyk P.S.,

Stepanenko S.P., Shvidia V.O. 2019. Experimental studies on drying conditions of grain crops with high moisture content in low-pressure environment. INMATEH - Agricultural Engineering. Jan-Mar 2019, Vol. 57 Issue 1, p141-146. 6p.

3. S. Stepanenko, B. Kotov, A. Kuzmych, V. Shvydia, R. Kalinichenko, S. Kharchenko, T. Shchur, S. Kocira, D. Kwa'sniewski, D. Dziki (2022). 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. doi.org/10.3390/pr10101929

4. S. Stepanenko, M. Aneliak, A. Kuzmych, S. Kustov, V. Lysaniuk 2022 Improving the efficiency of harvesting sunflower seed crops. INMATEH - Agricultural Engineering. Vol. 67, No. 2/2022, p331-340. 9p.

5. Rogovskii I.L., Stepanenko S.P., Novitskii A.V., Rebenko V.I. 2020. The mathematical modeling of changes in grain moisture and heat loss on adsorption drying from parameters of grain dryer. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 548 (2020) 082057. Vol. 13. pp.1-7.

6. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилування, охолодження) / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, В. О. Швидя та ін. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.

7. Степаненко С. П., Швидя В. О., Анеляк М. М. Експериментальні дослідження режимів сушіння насіння зернових культур із високою вологістю в середовищі низького тиску. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2019. Вип. № 8 (107). С. 89–96.

8. Насиковський А. Б. Установка для вакуумної сушки насіння рапсу. Вістник Вінницького політехнічного університету. 2007. № 4. С. 136– 139.

9. Кутовой В. А. Развитие научных основ энергоэффективного термовакuumного сушильного оборудования: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Львів, 2015. 42 с.

10. Super vacuum belt dryer. Hisaka Works, Ltd. 4,4 Chome, Hiranomachi. Higashi-Ku. Osaka 541. Japan, 1997.

УДК 631.35

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДСТАНІ МІЖ ОСЯМИ БАРАБАНІВ ОБЧІСУВАЛЬНОЇ ЖАТКИ

Деркач І. О., аспірант

Деркач О. П., кандидат історичних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Обчісувальні жатки стають альтернативою класичним жаткам зернозбиральних комбайнів. Вони добре зарекомендували себе на збиранні зернових культур. Однак при обчісуванні сої спостерігаються втрати, що пов'язані з впливом гребінок барабанів на нижні яруси стебел, при цьому має місце розкриття бобів та розліт зерен сої у різних напрямках. При використанні обчісувальної жатки з одним барабаном втрати сої становили 14,6%, а при використанні схеми з обчісувальним барабаном і відбійним бітером вони знизились до 8,5%, але такі втрати значно перевищують агротехнічні вимоги до збирання сої за класичною схемою. Для виконання технологічного процесу збирання сої обчісуванням на корені відповідно до агротехнічних вимог, запропоновано у схемі обчісувальної жатки з бітером замінити бітер на обчісувальний барабан 2 (рис. 1), а також змінити форму обтікача 1 та встановити шнековий транспортуючий орган 4. Дані зміни дозволять зменшити втрати та покращити склад обчесаного зернового вороху.

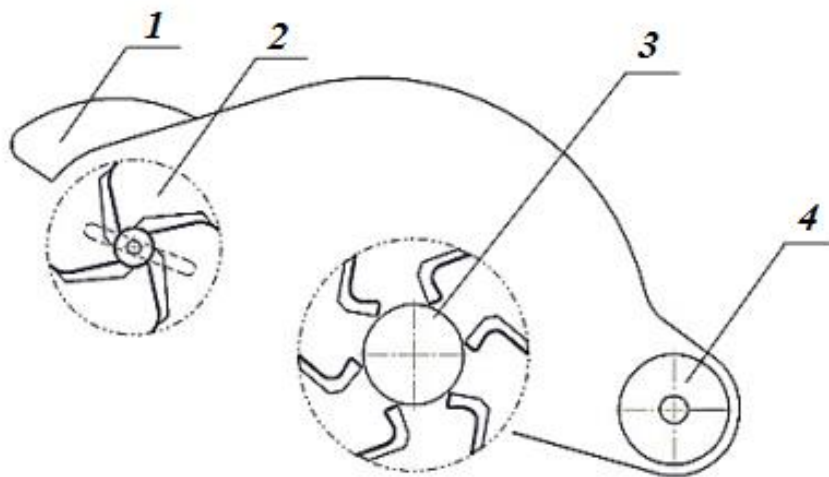


Рис. 1. Схема двобарабанної обчісувальної жатки: 1 – обтікач; 2, 3 – перший та другий обчісувальні барабани; 4 – шнек.

З метою, щоб процес обчісування сої виконувався якісно необхідно розрахувати міжосьову відстань між першим і другим обчісувальними барабанами. Схема для розрахунку відстані між осями барабанів у пристрої для збирання сої методом обчісування на корені представлена на рис. 2.

Стебло після обчисування першим барабаном перед обчисуванням другим барабаном повинно зайняти вертикальне положення.

На вказаній схемі:

$$\alpha = \arctg \frac{H_{02}}{R_2} = \arctg \frac{h + R_2}{R_2} = \arctg \left(\frac{h}{R_2} + 1 \right) \quad (1)$$

$$O_1 O_2 = a$$

$$\beta = \arcsin \frac{H_{01}}{l + R_1} = \arcsin \left(\frac{l - R_1}{l + R_1} \right), \quad (2)$$

$$\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta, \quad (3)$$

$$O_2 A = \frac{R_2}{\cos \alpha}, \quad (4)$$

Розглянемо трикутник AO_1O_2 .

За теоремою косинусів:

$$a^2 = (l + R_1)^2 + \left(\frac{R_2}{\cos \alpha} \right)^2 - 2(l + R_1) \left(\frac{R_2}{\cos \alpha} \right) \cos \gamma, \quad (5)$$

$$a = \sqrt{(l + R_1)^2 + \left(\frac{R_2}{\cos \alpha} \right)^2 - 2(l + R_1) \left(\frac{R_2}{\cos \alpha} \right) \cos \lambda}, \quad (6)$$

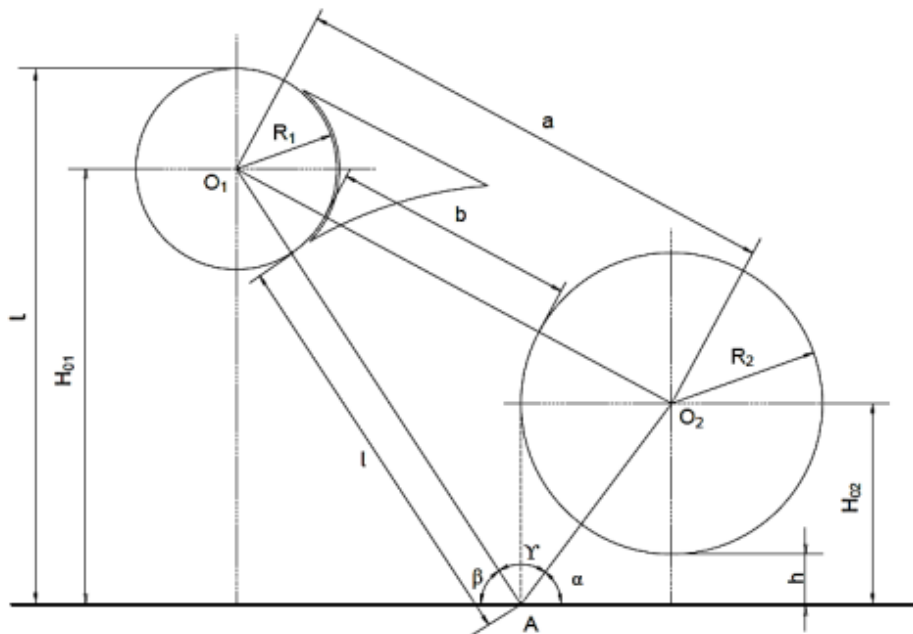


Рис. 2. Схема для визначення відстані між осями обчисувальних барабанів: l – висота стебла сої; H_{01} , H_{02} – висота установки обчисувальних барабанів; O_1 , O_2 – центри обчисувальних барабанів; R_1 , R_2 – радіуси обчисувальних барабанів; b – зазор між барабанами; a – міжосьова відстань; h – відстань від гребінки другого обчисувального барабана до поверхні поля.

За формулою (6) можна розрахувати міжосьову відстань між обчисувальними барабанами, підставляючи в формулу значення l , R_1 і R_2 , попередньо визначивши кути α та γ за формулами (1, 2 та 3).

Висновок. У результаті проведеного дослідження було встановлено, що для якісного обчисування стебел сої та зменшення втрат відстань між осями барабанів обчисувальної жатки потрібно встановлювати в межах від 0,95 до 1,25м, враховуючи при цьому, що висота стебел сої становила в середньому від 0,6 до 1м, а радіуси барабанів $R_1=0,175$ м і $R_2=0,3$ м.

УДК 631.333

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АНАЛІЗ РОЗКИДАЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

*Деркач О. П., кандидат історичних наук, доцент
Попов О. С.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для поверхневого внесення твердих органічних добрив найбільш широко використовуються машини кузовного типу. Найбільш розповсюдженими розкидальними робочими органами у цих машин є шнекові розкидачі. За конструкцією шнекові розкидальні пристрої виконуються, в основному, у вигляді барабанів, які можуть мати горизонтальну (рис. 1) або вертикальну (рис. 2) вісі обертання, мати різну кількість барабанів та оснащуватися додатковими відцентровими розкидальними дисками з лопатками (рис. 3).



Рис. 1. Шнековий розкидальний робочий орган з горизонтальною віссю обертання.



Рис. 2. Шнековий розкидальний робочий орган з вертикальною віссю обертання

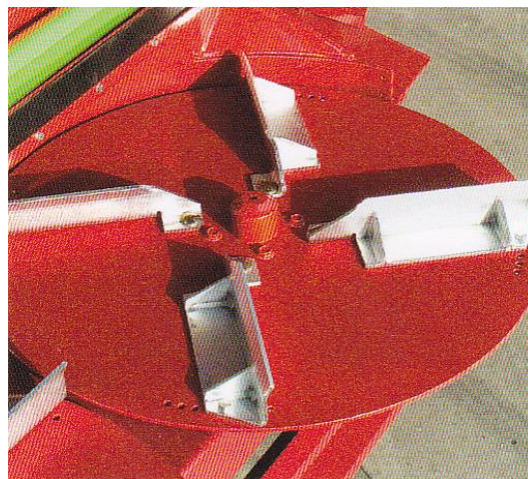


Рис. 3. Шнековий розкидальний робочий орган з горизонтальною віссю обертання у поєднанні з додатковими розкидальними дисками.

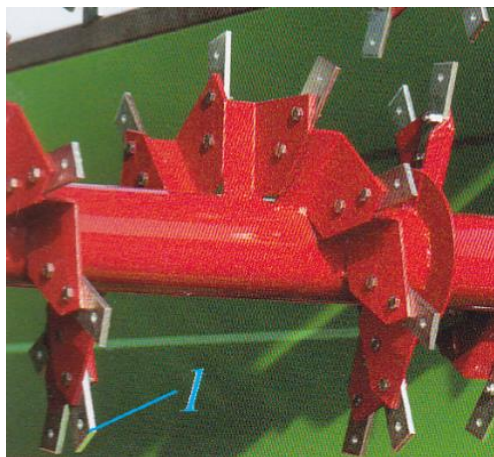


Рис. 4. Розкидальний барабан з подрібнювальними різцями.

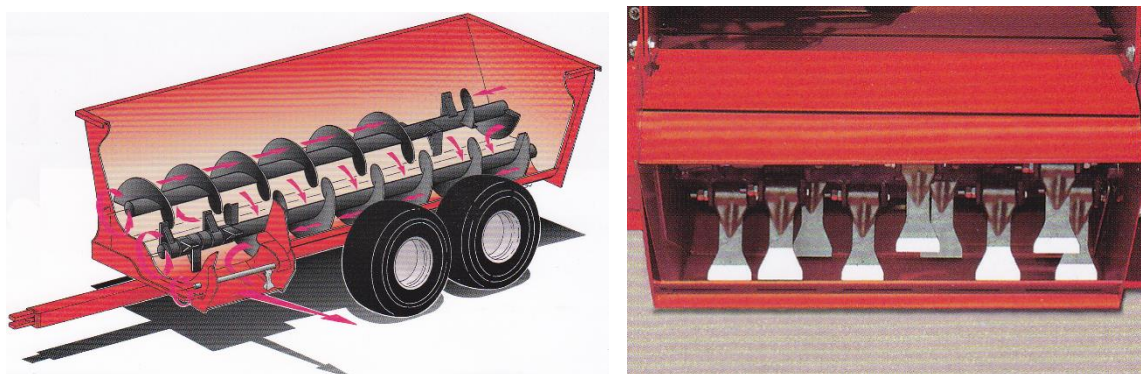


Рис. 5. Розкидач твердих органічних добрив з шнековим дозувальним та молотковим розкидальним пристроями

Для кращого подрібнення твердих органічних добрив на лопатях шнекових барабанів можуть встановлювати подрібнювальні різці (рис. 4).

Особливий інтерес викликає розкидач твердих органічних добрив кузовного типу з шнековим дозувальним та молотковим розкидальним пристроями (рис. 5).

Висновок. У результаті проведеного аналізу розкидальних пристроїв кузовних машин для поверхневого внесення твердих органічних добрив було встановлено, що для розподілення твердих органічних добрив найбільш широко використовуються розкидальні робочі органи у вигляді шнекових барабанів з горизонтальною або вертикальною осями обертання, додаткові розкидальні диски та молоткові розкидальні пристрої.

УДК 331.4:662

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ІЗ ОТРИМАННЯМ БІОГАЗУ

Дворник Є. О., аспірант

Поліщук В. М., доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розрізняються технології метанового зброджування твердих і рідких відходів. Рідкі органічні відходи з вологістю понад 90% зброджуються у рідкофазних ферментаторах, які ще називають дайджестерами, метантенками, біореакторами тощо). Тверді органічні відходи з вологістю 80-90% зброджуються у твердофазних ферментаторах боксового типу та плівкотрубчастих ферментаторах (рис. 1).

У плівкотрубчастому ферментаторі біомаса у твердому стані машинами

пресується у плівкову трубу, закривається герметично, після чого всередині проходить його ферментація. Рідина у бродильну камеру при цьому не подається. Біогаз, який утворюється при бродінні, виводиться з плівкової труби. Перевагою даного методу є низькі інвестиційні витрати. Проблемною при ферментації може бути суттєва залежність від температури довкілля, малий вміст води. При цьому методі для розвитку мікроорганізмів можуть створюватись не найкращі умови. У метантенку боксового типу бокси твердою біомасою заповнюються (розвантажуються) колісним навантажувачем. Для створення потрібної вологості і інокуляції у субстрат метаногенів застосовується перколят (рідина, яка утворилась при ферментації біомаси), який збирається в ємностях, підігрівається та розбризкується над субстратом. Для створення потрібного теплового режиму застосовується підігрівання підлоги. Робочий цикл займає 2-3 місяці. В ферментаторі із рідкою рециркуляційною фазою бродіння твердої біомаси проходить у боксових ферментаторах, а рідка фаза, яка утворюється в процесі ферментації, зброджується у дайджестерах. Обмін між обома системами перколяційною рідиною відбувається за допомогою кругообігу процесуальної води.

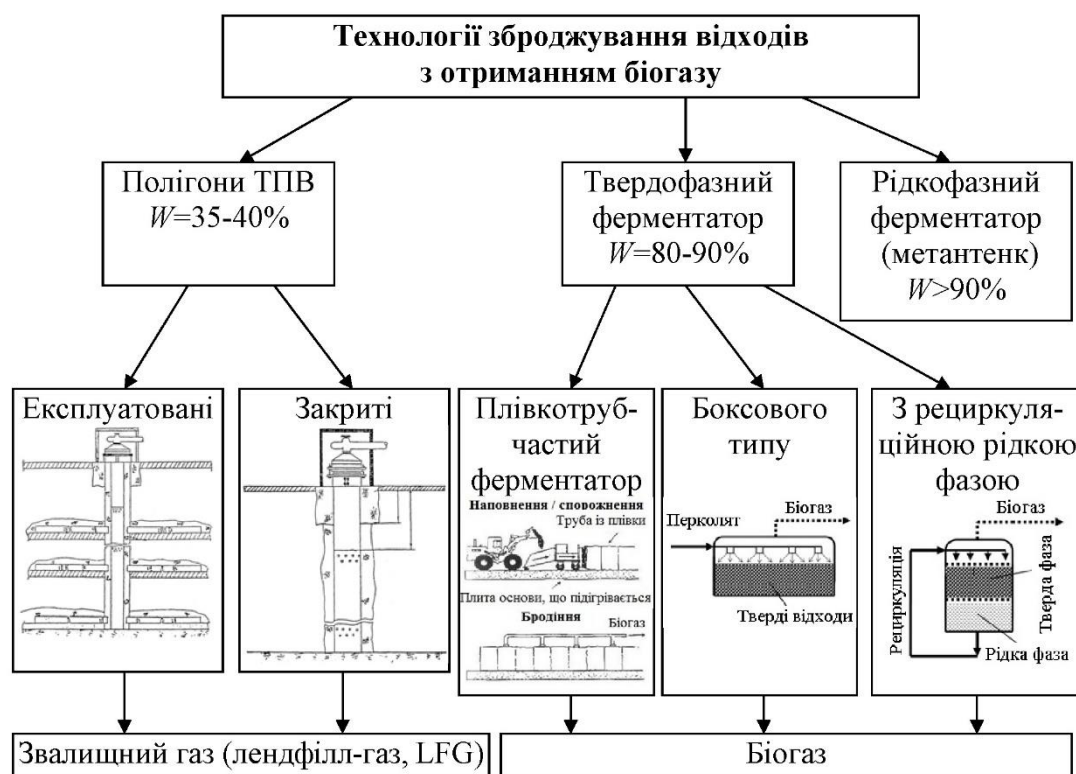


Рис. 1. Класифікація технологій зброджування відходів з отриманням біогазу

Тверді побутові відходи (ТПВ) утилізуються на полігонах ТПВ, що представляють собою великі твердофазні ферментатори. Захоронені ТПВ мають вологість у межах 35-40%. Вихід звалищного газу знаходиться на рівні $100 \text{ м}^3/\text{т}$ ТПВ, генерування газу відбувається на протязі приблизно 20 років. Звалищний

газ можна отримувати як із полігонів твердих побутових відходів, які ще експлуатуються, так і з тих, що вже закриті. Для отримання газу з полігонів, що експлуатуються при закладці полігонів у них на відстані 30-40 м одна від одної прокладаються сталеві вертикальні труби діаметром 0,7 м, до яких через кожні 2 м по висоті підводять 3-4 дренажні перфоровані полімерні чи азбоцементні труби довжиною 10-15 м і діаметром 100-120 мм. Для отримання звалищного газу з закритих полігонів ТПВ у них на усю глибину захоронених відходів буряться свердловини з діаметром 150 мм, у які вставляють перфоровані поліетиленові чи азбоцементні труби з діаметром 100 мм. Простір між трубою і свердловиною засипають крупним щебенем і заливають приблизно бетоном на глибину 0,5 м.

Висновки. Рідкі органічні відходи з вологістю понад 90% зброджуються у рідкофазних ферментаторах, або, як їх ще називають, дайджестерах, метантенках, біореакторах тощо). Тверді органічні відходи з вологістю 80-90% зброджуються у твердофазних ферментаторах боксового типу та плівкотрубчастих ферментаторах. На полігонах ТПВ, куди захоронюють тверді побутові відходи, які мають вологість у межах 35-40%, відбувається утворення звалищного газу, який за своїм складом є аналогом біогазу.

Список літератури

1. Поліщук В. М., Войтюк В. Д., Тарасенко С. Є. Процеси, системи та обладнання для виробництва біопалива: монографія. Київ. ФОП Ямчинський О.В. 2020. 548 с.

УДК 631.363.28:631.333.92

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРА З КІЛЬЦЕВОЮ МАТРИЦЕЮ

**Степаненко С. П., доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Тримбач С. П., здобувач**

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національна академія аграрних наук України*

Науковими дослідженнями, які проводилися багатьма вітчизняними та закордонними вченими [1-4], було встановлено, що при приготуванні гранул найбільш доцільно використовувати прес-гранулятор з матрицею, що обертається, яка в процесі роботи забезпечує найменші експлуатаційні витрати, рівномірний розподіл матеріалу по поверхні матриці, врівноваженість силової схеми преса. Кількість вальців прес-гранулятора запропоновано визначати через співвідношення діаметра вальця до діаметра кільцевої матриці, дослідженнями [5-7] встановлено, що дане співвідношення може коливатися в межах 0,42-0,48.

Раціональне значення тиску P_M , який потрібен для ущільнення матеріалу із заданими фізико-механічними параметрами (густини і т.д.), знаходиться із залежності:

$$P_M = P_u \cdot e^{\delta} \cdot [\rho_m - \rho] \quad (1)$$

де P_u , δ – емпіричні коефіцієнти, що характеризують густину матеріалу;

ρ – початкова густина матеріалу, кг/м³;

ρ_m – максимальні значення густини матеріалу в процесі гранулювання, кг/м³; $\rho_m = \rho_{m1} \cdot \mu$; ρ_{m1} – задана густина гранул кг/м³; μ – емпіричний коефіцієнт для гранул $\mu = 1,2 - 1,5$.

Дані значення тиску спостерігаються на перших етапах процесу гранулювання, тобто при проштовхуванні матеріалу крізь матрицю та залежать від тиску в каналі матриці та від коефіцієнта її перфорації:

$$P_M = P_k \cdot [1 + 0,7 \cdot (1 - k) \cdot \sigma^{-1} \cdot \varphi \cdot \cot \beta] \quad (2)$$

де P_k – тиск в каналі матриці, кПа;

k – коефіцієнт перфорації;

σ – коефіцієнт бічного тиску;

φ – коефіцієнт тертя;

β – кут нахилу перемичок матриці, град.

Відповідно до залежності (2) визначають необхідний тиск в каналах матриці P_k . Довжину каналу кільцевої матриці L_k , що забезпечує такий тиск, можна визначити із залежності:

$$L_k = S_k \cdot (p \cdot \sigma \cdot \varphi)^{-1} \cdot \ln[\sigma \cdot P_k \cdot \sigma_{os}^{-1} + 1] \quad (3)$$

де S_k – площа поперечного перерізу каналу, м²;

p – периметр поперечного перерізу каналу, м;

σ_{os} – залишковий боковий тиск, кПа.

Площа поверхні матриці, яка забезпечує робочий процес гранулювання, на протязі деякого часу t_s необхідного для утворення міцної гранули, прямопропорційно залежить від продуктивності прес-гранулятора W_g . Площа робочої поверхні матриці F_r :

$$F_r = W_g \cdot t_s \cdot \xi \cdot (k \cdot L_k \cdot \rho_l)^{-1} \quad (4)$$

де ρ_l – густина матеріалу, що знаходиться в каналі матриці, кг/м³;

ξ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу матеріалу по поверхні матриці.

Вибір величини ξ визначається експериментально з урахуванням конструкції живильних пристроїв прес-гранулятора. За умов використання оригінальних живильників, які забезпечують рівномірне розподілення матеріалу по поверхні матриці, $\xi = 1,2 - 1,6$, за умов використанні самопливної системи живлення $\xi = 1,7 - 2,7$.

За раціональних умов перебігу процесу гранулювання матеріалу вздовж філь'єри матриці спостерігається зменшення опору проходження матеріалу, який залишився в її частині та відбувається розширення матеріалу і відповідно

зменшення його густини. Середня густина матеріалу, який знаходиться в каналі матриці можна записати залежністю [1, 3, 6-11], $\rho_l = \rho_m \cdot (0,9 - 0,95)$.

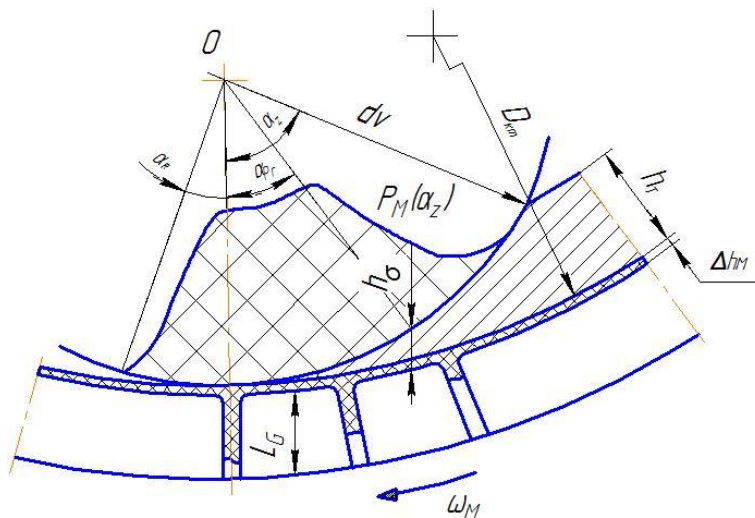


Рис. 1. Схема пресування матеріалу роликком у кільцевій матриці

Ширина та діаметр вальців прес-гранулятора обмежені внутрішніми конструкційними параметрами матриці, у зв'язку з чим співвідношення ширини вальця b_V до його діаметра d_V дорівнює 0,5 – 0,8. Приймаючи умову, що ширина вальця буде мати розмір, який відповідає ширині робочої поверхні матриці, з урахуванням раніше обраного співвідношення діаметра вальця d_V до діаметра кільцевої матриці D_{km} , визначимо діаметр кільцевої матриці прес-гранулятора:

$$D_{km} = \sqrt{2 \cdot F_r \cdot \pi \cdot d_V \cdot b_V^{-1} \cdot n^{-1}} \quad (4)$$

де n – кількість вальців.

Частота обертання кільцевої матриці ω_M не повинна перевищувати значення, що визначається з умови міцності отриманих гранул:

$$\omega_M = \sqrt{1,25 \cdot \sigma_G \cdot L_G^{-1} \cdot \rho_{m1}^{-1} \cdot [D_{km} + 2 \cdot L_k]^{-1}} \quad (5)$$

де L_G – довжина гранули, попередньо прийнято, що вона дорівнює $L_G = (1,6 - 2,1) \cdot D_G, \text{ м}$;

D_G – діаметр гранули, м;

σ_G – значення міцності отриманих гранул, кПа.

Встановимо значення товщини шару матеріалу h_T згідно з рис. 1, який подається під пресуючий ролик кільцевої матриці:

$$h_T = \frac{W_g}{\pi \cdot D_{km} \cdot b_V \cdot \omega_M \cdot \tau_{km} \cdot \rho} \quad (6)$$

де τ_{km} – кількість рядів каналів кільцевої матриці.

Допустимі граничні значення товщини шару матеріалу h_{σ} , що захоплюється вальцем рис. 1, знайдемо з виразу:

$$h_{\sigma} = \frac{\rho_m}{\rho} \cdot \left[\frac{D_{km}}{2} - \sqrt{\left[\frac{D_{km}}{2} \right]^2 - 4 \cdot \left[\frac{D_{km}}{2} - \frac{d_V}{2} \right] \cdot \frac{d_V}{2} \cdot \left[\sin \left(\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2 \cdot (1 + \sigma) \cdot \left(1 - \frac{d_V}{D_{km}} \right)} \right) \right]^2} \right] \quad (7)$$

де γ_1, γ_2 – відповідно кути тертя матеріалу на робочій поверхні кільцевої матриці і вальця за максимальних значень тиску.

Оскільки поверхня матриці завжди покрита деяким шаром матеріалу, кут тертя γ_1 можна приймати рівним куту внутрішнього тертя матеріалу, значення якого за високих тисків пресування коливається в межах 0,3-0,4 рад. Значення кута тертя матеріалу по поверхні вальця γ_2 за умови узагальненої площі впадин на поверхні вальця може становити 0,4-0,6 від усієї площі робочої поверхні та дорівнює 0,25...0,3. У зв'язку з наявністю на поверхні матриці шару ущільненого матеріалу товщиною Δh_M , який утворено за рахунок пружного розширення матеріалу, що знаходиться в каналах матриці, товщина захоплюваного вальцем шару розсіпного матеріалу h_T менше, ніж відстань h_{σ} між робочими органами в момент захоплення, як наведено на рис. 1.

З урахуванням можливої нерівномірності подачі матеріалу під валець, для забезпечення надійного виконання технологічного процесу приймемо умову захоплення шару матеріалу вальцем:

$$h_T \leq \frac{h_{\sigma} - \Delta h_M}{\xi} \quad (8)$$

Товщина шару ущільненого матеріалу, що знаходиться на поверхні матриці:

$$\Delta h_M = \left[P_k + \frac{\sigma_{os}}{\sigma} \right] \cdot \frac{2 \cdot S_k}{E \cdot \sigma \cdot \varphi \cdot p} \cdot e^{\frac{-\sigma \cdot p \cdot t_s}{2 \cdot S_k \cdot L_k}} \cdot \left[\sinh \left[\sigma \cdot \varphi \cdot \frac{p}{S_k} \cdot L_k \right] - \sinh \left[\sigma \cdot \varphi \cdot t_s \cdot \frac{p}{S_k} \cdot \frac{L_k}{2} \right] \right] \quad (9)$$

де E – модуль пружності ущільненого матеріалу;

$\sinh$ – гіперболічний синус.

У разі, якщо умова (8) не дотримана, необхідно задатися значенням γ_1 більшим за раніше прийнятий, і розрахунок повторити.

Зв'язок між тиском, що діє в зоні ущільнення матеріалу, і кутом повороту вальця визначається виразом:

$$\alpha_P = \sqrt{\frac{4 \cdot h_Z}{d_V \cdot \left[1 - \frac{d_V}{D_{km}} \right]} \cdot \left[\frac{\delta \cdot \rho}{\delta \cdot \rho + \ln \frac{\rho_{m1}}{\rho}} + \frac{\Delta h_M}{h_T} \cdot \left(\frac{\rho_m - \rho_{m1}}{\rho_m} \right) \right]} \quad (10)$$

При підстановці в отриманий вираз значення $\rho_{m1} = \rho$ знаходять відповідний кут захоплення вальцем матеріалу α_Z , при підстановці значення $\rho_{m1} = \rho_m$ кут проштовхування вальцем матеріалу α_{Pr} .

Кут розширення матеріалу, визначимо із залежності:

$$\alpha_R = \sqrt{\frac{4 \cdot \Delta h_M}{d_V \cdot \left[1 - \frac{d_V}{D_{km}} \right]}} \quad (11)$$

Таким чином, обґрунтовано параметри модернізованих робочих органів прес-гранулятора, які включають систему з трьох вальців гранулювання з кільцевою матрицею. Отримані аналітичні залежності можна використати для проектування нових конструкцій прес-грануляторів з кільцевою матрицею.

Список літератури

1. Братішко В. В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2014. Вип. 27. С. 187-191.
2. Братішко В. В. Механіко-технологічні основи приготування повнораціонних комбикормів гвинтовими грануляторами: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Глеваха. 2017. 43с.
3. Тримбач С. П., Степаненко С. П. Дослідження технологічного процесу гранулювання кормів. Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 115-ї річниці від дня народження Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 24-25 лютого 2022 р., м. Київ. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2022. с.261-266.
4. Salman A.D., Hounslow M.J., Seville J.P.K. (edit.). Handbook of Powder Technology. Vol. 11. Granulation. Oxford, Elsevier, 2007. 1402 p.
5. Pietsch W.B. Agglomeration Processes. Phenomena, Technologies, Equipment. Weinheim, Wiley-VCH, 2002. 614 p.
6. Payne J., Rattink W., Smith T., Winowski T. Pelleting Handbook. Sarpsborg, Borregaard Lignotech, 2001. 73 p.
7. Pelleting equipment. Special report. Milling incorporating food and farm supplies. 1984. vol. 167. № 14. p. 29-30.
8. Тримбач С. П., Степаненко С. П. Обґрунтування нової конструкції пресувального механізму для гранулювання кормів. Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження (присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету): матеріали I Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 1-2 червня 2021 р. Полтава : ПДАУ, 2021. С.13-16.
9. Тримбач С. П., Степаненко С. П. Математичне моделювання процесу гранулювання з новою конструкцією пресуючого механізму в кільцевій матриці. Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження: матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 2-3 червня 2022 р. Полтава: ПДАУ, 2022. С. 123-126.
10. Тримбач С. П., Степаненко С. П. Дослідження процесу механічної взаємодії пресуючого механізму гранулятора з матеріалом. Проблеми та перспективи розвитку сільськогосподарського машинобудування: матеріали V Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції (Полтава, 21-22 лютого 2023 р.) / Полтава: ПДАУ, 2023. С. 173-177.

УДК 631.37

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВОРОТКОСТІ МОСТОВИХ МАШИН В СИСТЕМІ КОЛІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Кувачов В. П., доктор технічних наук, професор
*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Перспективним напрямом подальшого розвитку сільського господарства у світі є впровадження інноваційних технологій, до яких слід віднести колійну систему землеробства [1]. Ефективність практичної реалізації зазначеної стратегії землеробства визначена розробкою і використанням енергетичного засобу нової компоновальної схеми у вигляді, так званої, «мостової машини» (wide span vehicle (gantry) [2]. Мостові машини для колійної системи землеробства повинні обладнатися колісним рушієм, який слід вважати найприйнятнішим.

Теорія руху та керованості колісних тягово-транспортних машин достатньо вивчена [3, 4]. Рульове керування більшості сучасних колісних машин адаптоване до ручного керування і будується за кінематичним або силовим принципом повороту. Силовий (бортовий) поворот реалізується обертанням коліс різних сторін машини із різною швидкістю. Застосування бортового (силового) повороту на мостовій машині є найбільш технічно простим рішенням, з позиції простоти конструкції її шасі та рульового приводу. При такому способі повороту мостової машини її мотор-колеса встановлені на двох некерованих мостах, а її поворот у горизонтальній площині здійснюється за рахунок різної частоти обертання передніх та задніх коліс правого та лівого борту. Також відомо, що застосування бортового повороту на колісній машині є одним із способів поліпшення її маневреності [5, 6]. При цьому спрощується компоновання, збільшується корисний об'єм машини через звільнення в корпусі машини ніш, необхідні розміщення керованих коліс при повороті. Однак, недоліком цього способу повороту є підвищене зношування шин і збільшення потужності необхідної для повороту колісної машини.

Потенційна оцінка поворотності мостової машини з колісним рушієм дозволила визначити найбільш раціональну область застосування кожної з можливих її схем (рис. 1).

Проведені нами дослідження поворотності мостової машини показали, що, згідно з зазначеними схемами на рис. 1, схема №1 практично не чутлива до вертикального навантаження на приводних колесах. Найменший радіус повороту мостової машини має схема №2. Однак при навішеному фронтальному сільськогосподарському знарядді, де має місце додаткове вертикальне навантаження на передній частині машини, вона втрачає здатність до руху через

втрату зчеплення ведучого колеса. Схеми №3 та №4 характеризуються найбільшим радіусом повороту, проте вони є найбільш традиційними та простими для практичної реалізації. Мостова машина з силовим поворотом (схеми №5 і №6), має кращу поворотність. Однак колісний рушій на твердій основі має підвищене буксування в режимі силового повороту, що призводить до підвищеного зношування шин коліс машини.

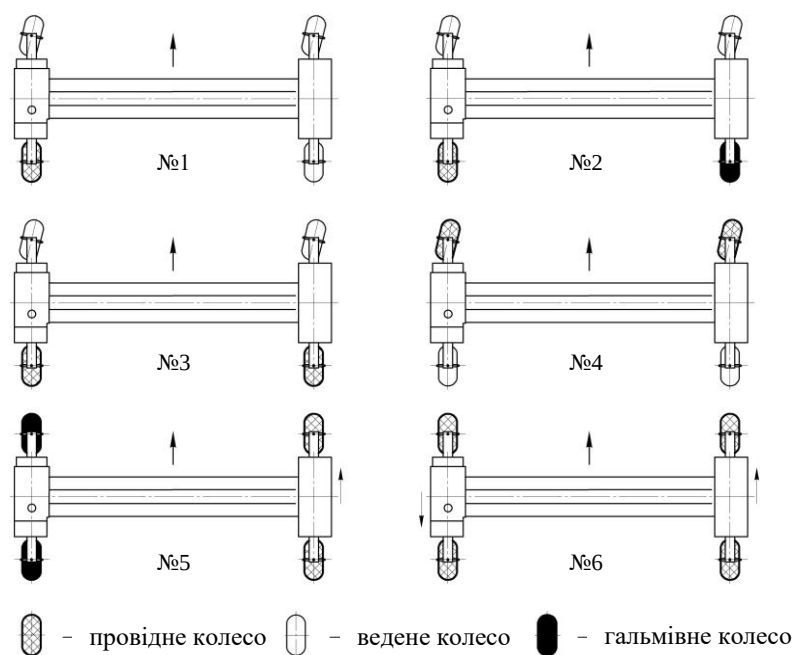


Рис. 1. Схеми керування поворотом мостової машини

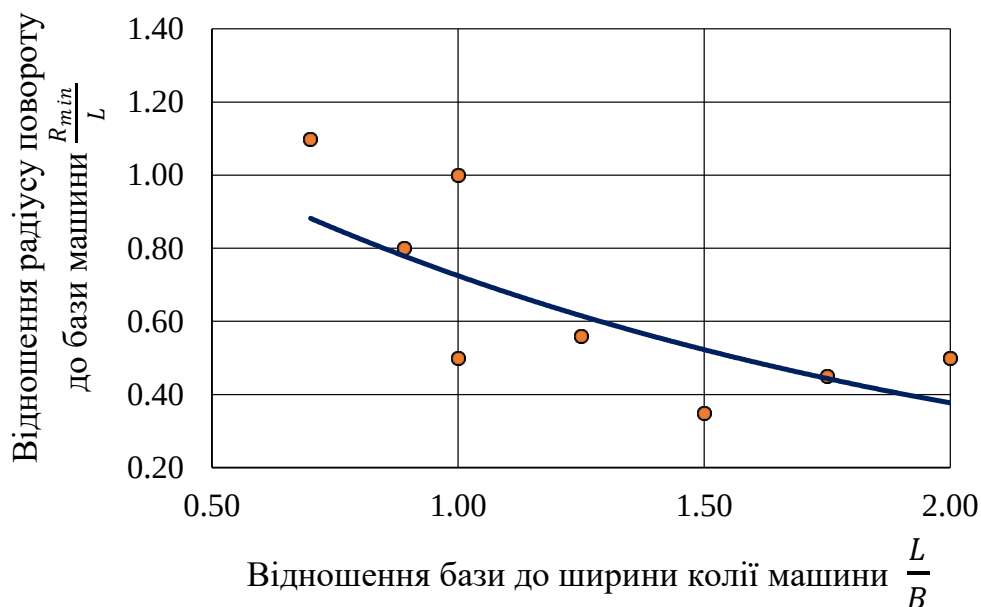


Рис. 2. Технічні параметри колісних машин з бортовим поворотом.

Дослідженнями встановлено, що гальмування заднього внутрішнього колеса (схема №2, рис. 1) призводить до зменшення радіуса повороту в 1.5 рази.

Проте при нерівномірності вертикального навантаження на передніх та задніх колесах машини більш ніж у 2 рази вона втрачає здатність до руху. У процесі проведення експериментів з мостовою машиною конструкції ТДАТУ [7] це виявлялося у підвищеному буксуванні, порушенні стаціонарної траєкторії повороту і характеризується великим розкидом результатів вимірів. За технічними характеристиками колісних машин з бортовим поворотом [8-11], взятих як об'єкти досліджень, була побудована залежність їх оціночних параметрів (рис. 2).

Аналізуючи дані на рис. 2 впливає, що для розглянутих колісних машин з бортовим поворотом їх мінімальний радіус повороту R_{min} істотно залежить від бази L і ширини колії B . Особливо це актуально для мостових машин, оскільки відомо, що збільшення їх ширини колії покращує землекористування, тобто збільшує відношення площі агротехнічної зони поля до загальної площі земельної ділянки. Однак при цьому збільшення радіуса повороту вимагатиме пропорційного збільшення інженерної зони поля на поворотній смузі, що зменшує продуктивну частину поля. Водночас при цьому збільшуватимуться і витрати потужності на поворот мостової машини.

Аналіз проведених досліджень показав, що сумарна потужність, яка витрачається на силовий (бортний) поворот мостової машини ТДАТУ, зростає експоненціально зі збільшенням ширини її колії. Пояснити це можна тим, що зі збільшенням ширини колії мостової машини збільшується її маса та момент інерції, а також збільшуються і параметри її коліс, в результаті цього збільшуються і коефіцієнти опору їх уводу. Питомі витрати потужності на поворот мостової машини ТДАТУ становлять мінімум 28% від сумарної потужності її енергетичних установок і суттєво залежить від швидкості здійснення нею повороту.

Висновки

1. В результаті проведених досліджень встановлено, що перспективною нетрадиційною схемою повороту мостової машини є така, при якій одне заднє колесо є ведучим, а інше – гальмівним, при керованих передніх колесах. При цьому радіус повороту колісної машини в 1.5 рази менший у порівнянні з традиційними схемами повороту.

2. При моделюванні руху мостової машини в режимі квазістатичного повороту достатньо мати три рівняння її руху, чотири рівняння геометричних зв'язків, три рівняння кінематичних зв'язків і три рівняння для побудови траєкторії повороту.

3. Доведено, що практична реалізація зазначеної нової нетрадиційної схеми повороту мостової машини обмежена величиною навантаження на її передніх колесах по відношенню до задніх. При навантаженні на передніх колесах мостової машини відносно задніх більш ніж у 2 рази вона втрачає здатність до руху, що виявляється у підвищеному буксуванні та порушенні стаціонарної траєкторії повороту і характеризується великим розкидом результатів вимірів.

4. Силовой (бортовой) поворот широко застосовується для колісних машин та має перспективу застосування на мостових машинах, що використовуються у колійній системі землеробства.

5. Апробація розробленої методики визначення витрат потужності для силового (бортового) повороту колісних машин показала, що за прийнятих умов повороту потужність, яка необхідна для повороту мостової машини ТДАТУ, становить 28% від потужності її енергетичних установок при швидкості руху 5 км/год.

6. Зі збільшенням ширини колії мостової машини сумарна потужність, що витрачається на силовий (бортовой) поворот, збільшується експоненціально. Тому з позиції зменшення енерговитрат на експлуатацію мостових машин тільки оптимальні параметри (ширина колії, бази, маса, параметри шин коліс, а також режим руху на повороті) дозволять мати мінімальні витрати потужності на здійснення силового (бортового) повороту.

Список літератури

1. Кувачов В. П. Дослідження ефективності колійної системи землеробства. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2017. Вип. 5(104). С. 94–104.

2. Кувачов В. П. Механіко-технологічні основи використання спеціалізованих ширококолійних агрозасобів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. Вип. 2 (97). С. 161–166.

3. Улексін В. О. Автоматизація водіння машинно–тракторних агрегатів. Вісник ХНТУСГ. 2008. Т.2. Вип. 75. С. 105–116.

4. Надикто В. Т., Кюрчев В. М. Математичне моделювання функціонування машинно-тракторних агрегатів. Збірник наукових праць ТДАТУ. 2010. Вип. 10, т. 7. С. 3–9.

5. Bulgakov V., Kuvachov V., Nozdrovický L., Smolinskyi S., Ihnatiev Y. The study of movement of the wide span tractor-based field machine unit with power method of its control. Acta Technologica Agriculturae. 2018. 21(4). P. 160–165.

6. Bulgakov V., Adamchuk V., Kuvachov V., Ivanovs S. Theoretical justification of the turn of a wide span tractor (vehicle) for controlled traffic farming. INMATEH - Agricultural Engineering. 2017. 53(3). P. 1-9.

7. Кувачов В. П. Експериментальні випробування агромого боронувального агрегату. Праці ТДАТУ. 2019. Вип. 19, т. 4. С. 223-233.

8. Колесникович А. Н., Выгонный А. Г., Гончарко А. А. Анализ применения бортового поворота колесных машин. Working Paper. Дата публикации: 2019. URL: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/60329/64-69.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

9. AMX 10RC. Wheeled Armoured Reconnaissance Vehicle. France. 2008. Дата публикации: 2008. URL: <https://www.army-technology.com/projects/amx/>.

10. URL: http://www.atv-quad.org/de/fahrzeuge/argo_amphibienfahrzeuge/.

11. URL: <https://pmto-agrosoyuz.com.ua/ua/p679231165-mini-pogruzchik-bortovym.html>.

УДК 631.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ

Лисенко О. М.

*Марчишина Є. І., кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Машинне навчання (Machine Learning, ML) з'явилося разом із технологіями великих даних (Big Data) і високопродуктивними обчисленнями (High-Performance Computing), щоб створити нові можливості для розгадки, кількісної оцінки та розуміння процесів, що містять інтенсивні дані, у сільськогосподарських умовах. Серед інших термінів ML визначають як наукову галузь, яка дає машинам здатність навчатися без суворого програмування. З кожним роком ML застосовується у все більшій кількості наукових галузей, включаючи, наприклад, біоінформатику, біохімію, медицину, метеорологію, економіку, робототехніку, аквакультуру, продовольчу безпеку, кліматологію і сільське господарство [1].

Методології ML передбачають процес з метою навчання на «досвіді» (даних навчання) для виконання певного завдання. Дані в ML складаються з набору прикладів. Зазвичай окремий приклад описують набором атрибутів, також відомих як ознаки або змінні. Ознака може бути номінальною (перерахування), бінарною (наприклад, 0 або 1), порядковою (наприклад, A+ або B-) або числовою (ціле число, дійсне число тощо). Ефективність моделі ML у конкретному завданні вимірюється показником продуктивності, який з часом покращується з досвідом. Для розрахунку продуктивності моделей і алгоритмів ML використовуються різні статистичні та математичні моделі. Після завершення процесу навчання навчену модель можна використовувати для класифікації, прогнозування або кластеризації нових прикладів (даних тестування) з використанням досвіду, отриманого в процесі навчання.

Завдання ML зазвичай класифікуються за різними широкими категоріями залежно від типу навчання (під наглядом/без нагляду), моделей навчання (класифікація, регресія, кластеризація та зменшення розмірності) або моделей навчання, які використовуються для реалізації вибраного завдання.

ML є невід'ємною частиною точного землеробства. Зараз появилось чимало наукових публікацій щодо застосування ML для прогнозування, оцінки та картографування врожайності, узгодження пропозиції сільськогосподарських культур із попитом та управління посівами для підвищення продуктивності. Дослідники розробили систему ML для автоматизації струшування та уловлювання вишні під час збору врожаю, виявлення незрілих плодів цитрусових [2, 3]. В іншому дослідженні [4] автори розробили модель для оцінки

біомаси пасовищ (кг сухої речовини/га/день) на основі штучних нейронних мереж (Artificial Neural Networks) і даних багаточасового дистанційного зондування. Узагальнений метод для прогнозування врожайності сільського господарства був представлений в іншому дослідженні [5]. Метод базується на застосуванні ENN на основі довгострокових агрономічних даних.

ML для виявлення бур'янів може дозволити розробити інструменти та роботів для знищення бур'янів, які мінімізують потребу в гербіцидах.

Пшениця є однією з найбільш економічно значущих культур у світі. Низка досліджень присвячені виявленню та розрізненню хворих і здорових посівів пшениці. Розроблена нова система для виявлення уражених азотом і жовтою іржею та здорових рослин озимої пшениці на основі ієрархічного самоорганізованого класифікатора та даних зображення гіперспектрального відбиття. Також розроблено систему, яка автоматично розрізняє заражені *Septoria tritici* під впливом води та здорові стебла озимої пшениці. Метод виявлення ураженої жовтою іржею або здорової пшениці представлений на основі моделей штучних нейронних мереж і характеристик спектрального відбиття. Точне виявлення як заражених, так і здорових рослин дозволяє точно спрямувати застосування пестицидів у полі.

Список літератури

1. Konstantinos G. Liakos, Patrizia Busato, Dimitrios Moshou, Simon Pearson, Dionysis Bochtis. Machine Learning in Agriculture: A Review. *Sensors in Agriculture*. 2018. <https://doi.org/10.3390/s18082674>.
2. Amatya, S.; Karkee, M.; Gongal, A.; Zhang, Q.; Whiting, M.D. Detection of cherry tree branches with full foliage in planar architecture for automated sweet-cherry harvesting. *Biosyst. Eng.* 2015, 146, 3–15.
3. Sengupta, S.; Lee, W.S. Identification and determination of the number of immature green citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions. *Biosyst. Eng.* 2014, 117, 51–61.
4. Ali, I.; Cawkwell, F.; Dwyer, E.; Green, S. Modeling Managed Grassland Biomass Estimation by Using Multitemporal Remote Sensing Data—A Machine Learning Approach. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.* 2016, 10, 3254–3264.
5. Kung, H.-Y.; Kuo, T.-H.; Chen, C.-H.; Tsai, P.-Y. Accuracy Analysis Mechanism for Agriculture Data Using the Ensemble Neural Network Method. *Sustainability* 2016, 8, 735.

УДК 662.8.055:665.3

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З ОЛІЄМІСТКИХ СИРОВИН В ШНЕКОВИХ ПРЕС–ЕКСТРУДЕРАХ

***Самойчук К. О., доктор технічних наук, професор
Самохвал В. А.***

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

В зв'язку з стрімким ростом цін на енергоносії все більше країн переходять на відновлювальні джерела енергії до яких відносяться також паливні брикети [1]. Україна є аграрною країною, тому має великі обсяги відходів сільського господарства, які добре підходять для виготовлення паливних брикетів. Найкращі показники теплотворності дають відходи олієвмістних рослин таких як соняшник, соя, рапс, льон па інші.

Для виготовлення паливних брикетів використовуються різні види брикетувальних машин. Для оліємісткої сировини найбільш вдало підходять шнекові прес–екструдери, які мають можливість віджимати технічні олії що позитивно впливає на якість брикету, робить продукцію конкурентоздатною та поліпшує її екологічні показники [2]. В більшості випадків, технологічна схема виробництва паливних брикетів з відходів таких культур як соняшник, рапс, соя, льон, включає 3-4 операції, які здійснюються в окремих машинах. Але більш раціональним є виробництво, де для всіх процесів застосовують один універсальний прес, що значно полегшує обслуговування та знижує собівартість продукції.

При роботі з оліємісткою сировиною виробники паливних брикетів стикаються з проблемою надмірного остаточного вмісту олії в ній. Це призводить до крихкості брикету, забрудненню навколишнього середовища при згоранні брикету та швидкому забиванню димоходів [3, 4]. Для вирішення цієї проблеми підприємства, які використовують сировину з підвищеним вмістом олії, використовують додатковий маслопрес, яким відбирають частину олії, а потім цю сировину спрямовують у прес для виготовлення брикетів. При цьому собівартість паливних брикетів зростає до 2-3 разів, так як збільшується питомі витрати енергії, потреба у додатковому персоналі та витрати на технічне обслуговування обладнання [3]. Прес-брикетувальник в такій схемі має підвищений знос робочих органів так як він працює на більш абразивній сировині. Це пов'язано з тим, що сировину після маслопресу можна подавати для брикетування тільки в охолоджену і суху стані, щоб уникнути перегріву пресового обладнання.

Для вирішення проблем використання двох пресів та здатності працювати з сировиною підвищеної олійності пропонується прес–екструдер з системою контролю температур та обладнаний пристроєм остаточного формування з здатністю відбору технічних олій [5]. Обладнання зображено на рисунку 1.



Рис. 1. Фрагменти робочих органів шнекового прес-екструдера: 1 – бак охолодження; 2 – пресуюча частина; 3 – система охолодження дожимної камери; 4 – радіатор з вентилятором; 5 – пристрій остаточного формування.

Даний вид обладнання дає змогу працювати з сировиною з високим вмістом олії та виготовляти високоякісні брикети як з отвором так і без, що значно розширює асортимент продукції. Середній ресурс шнеків на цьому виді пресового обладнання складає від 100 до 125 т, що в рази перевищує ресурс аналогів. В запропонованому пресі відділення олій відбувається безпосередньо в пристрої остаточного формування на стадії формування брикету. Завдяки цьому досягається можливості працювати з маслянистою сировиною та регулювати відбір на кожному етапі формування окремо. При цьому затрати електроенергії складають лише 40...50 кВт/т [6]. Такий результат досягається за рахунок відсутності нагрівальних елементів та унікальності конструкції пресу. Конструкція об'єднує в одному універсальному пресі з пристроєм остаточного формування всі процеси, які необхідні для виготовлення паливних брикетів з сировини з підвищеним вмістом олії. Система контролю температури дає змогу запобігти досягнення критичних температур, при яких волога та олії закипають, що в свою чергу дає виготовляти як високоякісні брикети, так і технічні олії, які за своїми показниками відповідають світовим вимогам. За рахунок багатоступеневої системи охолодження даний універсальний прес легко налаштовується під конкретний вид сировини, що значно полегшує роботу як із

сировиною з надмірною так і з недостатньою кількістю вологи. Пристрій остаточного формування в даному пресі складається з взаємозамінних окремих секцій кожна з яких обладнана системою відбору технічних олій із здатністю регулювання кількості відібраної олії на кожному етапі формування брикету [7]. За рахунок такої системи, прес дає змогу працювати з сировиною, в якій вміст олієвмісної частини складає до 25% від всієї маси сировини. В залежності від виду та складу сировини підбирається оптимальна кількість секцій та регулюється відбір олії з кожної конкретної секції. За рахунок зміни довжини пристрою остаточного формування також регулюється час перебування сировини в пресі, що позитивно впливає на якість готової продукції, так як при збільшенні часу підвищується щільність брикету [8].

Практичні дослідження показали, що розроблений універсальний прес стабільно працює з усіма видами оліємісткої сировини. Наприклад, при роботі з відходами соняшнику досягається продуктивність 140 кг/год та напруцювання до першого технічного обслуговування – 850 годин. При цьому середній показник віджатої технічної олії становить 48 кг/т готової продукції, щільність брикету 1,35 т/м³, а питомі витрати електроенергії – лише 47 кВт/т.

Список літератури

1. Локтев Е. М., Захарченко Д. О. Поновлювані енергетичні ресурси – шлях до енергетичної незалежності України. Економіка будівництва і міського господарства. Т. 7. № 1. 2018. С. 192-202.

2. Полянський О. С., Д'яконов В. І., Д'яконов О. В. Комплексна оцінка і аналіз енергетичних показників існуючих технологій переробки рослинних відходів у паливні брикети. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 190 «Механізація сільськогосподарського виробництва». 2018. С. 192-202.

3. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Характеристики використання брикетування в переробній промисловості. Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред. В.М. Кюрчева. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 182-184.

4. Кіндзера Д. П., Атаманюк В. М., Госовський Р. Р., Мотіль І. М. Дослідження процесу формування паливних брикетів із рослинної сировини та визначення їх характеристик. Науковий вісник НЛТУ України, 2013. С. 138–146.

5. Патент. 127064, Україна, МПК (2022.05) Шнековий прес-екструдер для отримання брикетів. Самохвал В.А.: заявник і патентовласник Самохвал Віталій Анатолійович. а 202007249: заявл. 13.11.2020: опубл. 30.03.2023, Бюл.№ 13.

6. Самойчук К. О., Самохвал В. А. Розробка міні-лінії для виготовлення паливних брикетів. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С.152-159.

7. Єременко О. І., Василенков В. Є., Руденко Д. Т. Дослідження процесу брикетування біомаси шнековим механізмом, Інженерія природокористування. 2020. 3(17), С. 15-22.

8. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Михайлов Є. В., Червоткіна О. О.. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси. Київ. ПрофКнига, 2021. 468 с.

УДК 519.876.5:633:531.66

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ЗЕРНА В СПІРАЛЕПОДІБНОМУ ЖОЛОБІ

*Іванов О. М., кандидат технічних наук, доцент
Полтавський державний аграрний університет*

Одним із найрозповсюдженим підходом для транспортування зернової маси до місць складування та зберігання є підйомно-транспортні засоби з електромеханічним приводом. Ключовим недоліком даних технічних рішень є високі енергетичні затрати.

З метою енергозбереження раціонально для транспортування зерна застосовувати гравітаційні транспортери, які використовують силу тяжіння для переміщення маси зерна за умови наявності перепаду висоти між точками завантаження та вивантаження зернової сировини.

Однак, для даних типів транспортерів необхідно контролювати швидкість руху зернової маси для упередження появи надмірних тепловиділень при фрикційному контакті та розвитку суттєвих швидкостей, що може стати причиною появи критичної ударної взаємодії зерна з елементами конструкції силосу та руйнації цілісності зерна [1, 2]. Тому доцільно здійснити дослідження по визначенню взаємозв'язку між швидкістю сходу зерна з гравітаційних транспортерів та його геометричних параметрів.

Одним із таких транспортерів є завантажувач зі спіралеподібним спускним жолобом [3, 4], який розташовується в центральній частині силосу (рис.1, а) вздовж його вертикальної осі і забезпечує плавний спуск зерна з безударним сходженням.

Математичне моделювання руху зерна по жолобу засновано на системі сил, що діють на елементарний об'єм зерна у жолобі, у циліндричних координатах (рис. 1, б).

Рух зерна відбувається під дією рушійної сили $\vec{F}_{руш} = m\vec{a}$, що визначається з балансу сил:

$$\vec{F}_{руш} = \sum \vec{F}_k \text{ або } m\vec{a} = \sum \vec{F}_k, \quad (1)$$

де $\sum \vec{F}_k$ – сума всіх сил, що впливають на виокремлену масу зерна.

Враховуючи обертально-поступальний характер руху зернової маси у жолобі, баланс сил представляється рівнянням:

$$m\vec{a} = \vec{F}_{терт} + \vec{F}_{відц} + \vec{N} + \vec{G}, \quad (2)$$

де $\vec{F}_{терт}$ – сила тертя зерна потоку об жолоб; $\vec{F}_{відц}$ – відцентрова сила, що діє на зерно при обертальному русі навколо центральної осі жолобу; $\vec{N}$ – сила нормальної реакції до поверхні жолобу; $\vec{G}$ – сила тяжіння.

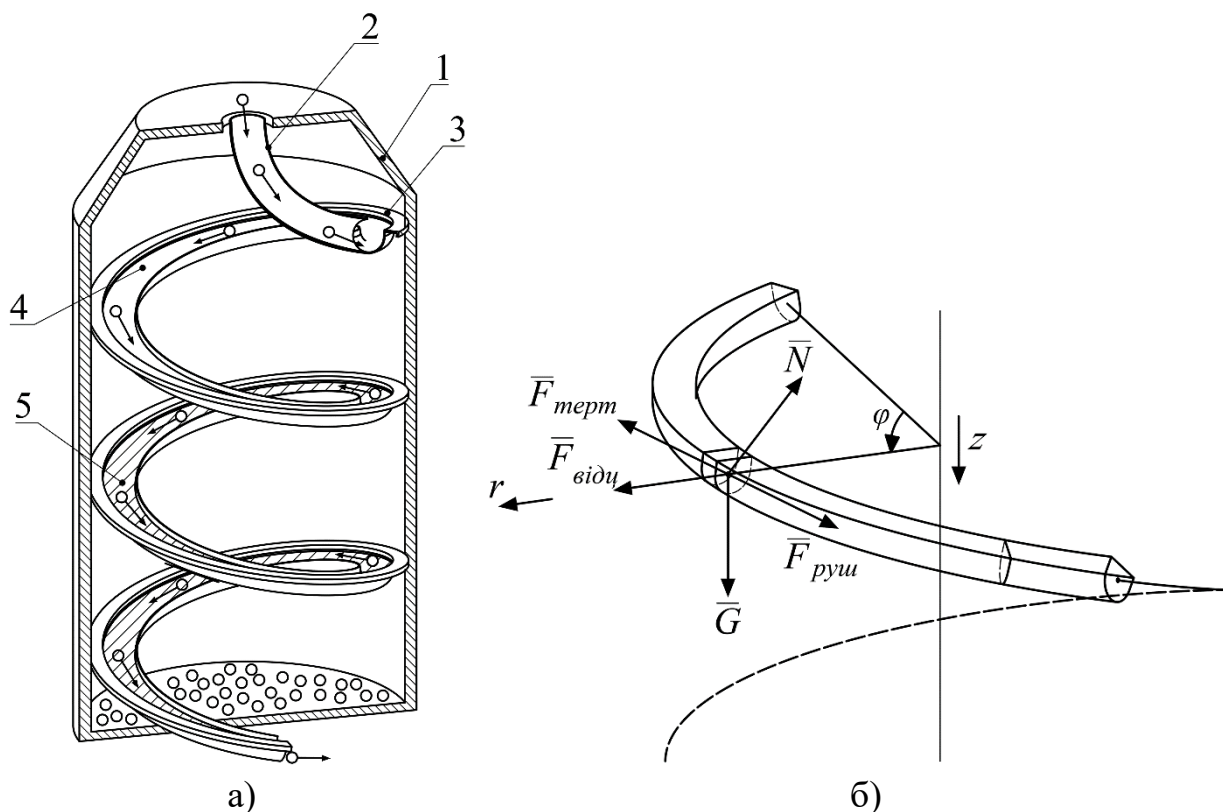


Рис. 1. Спіралеподібний жолоб: а) схематичне представлення; б) розрахункова схема.

Реалізуючи проектування усіх складових рівняння силового балансу на напрямки циліндричної системи координат, баланс сил набуває вигляду:

$$\begin{cases} ma_r = F_{відц}^r - N^r, \\ ma_\varphi = -F_{терт}^\varphi + N^\varphi, \\ ma_z = -F_{терт}^z - N^z + G^z, \end{cases} \quad (3)$$

Проекції вектору прискорення $\vec{a}$ у системі (3) за напрямками циліндричної системи координат, з врахуванням відсутності руху зерна в радіальному напрямку, приймають наступний вид:

$$\begin{cases} a_r = 0, \\ a_\varphi = r \cdot \frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2 \frac{dr}{dt} \frac{d\varphi}{dt}, \\ a_z = \frac{d^2z}{dt^2}. \end{cases} \quad (4)$$

Беручи до уваги проекції прискорень системи (4) та проводячи заміни діючих сил на їх аналітичні вирази, система рівнянь (3) формується таким чином:

$$\begin{cases} N^r = mr\omega^2, \\ r \frac{d^2\varphi}{dt^2} = g(\sin\alpha - 0.5 \cdot \mu \sin 2\alpha), \\ \frac{d^2z}{dt^2} = g(1 - \cos\alpha - 0.5\mu \sin 2\alpha). \end{cases} \quad (5)$$

Для формування аналітичного рішення складеної системи (5) диференціальних рівнянь здійснюється подвійне інтегрування, результатом яких є система:

$$\begin{cases} N^r = mr\omega^2, \\ \varphi = 0.5K_1t^2 + C_1t + C_2, \\ z = 0.5K_2t^2 + C_3t + C_4. \end{cases} \quad (6)$$

де $K_1 = \frac{1}{r}g(\sin\alpha - 0.5 \cdot \mu \sin 2\alpha)$, $K_2 = g(1 - \cos\alpha - 0.5\mu \sin 2\alpha)$ – проведенні заміни; C_1, C_2, C_3, C_4 – сталі інтегрування.

Повний пройдений шлях зерна по жолобу можна визначити з виразу:

$$l = \sqrt{(r \cdot \varphi)^2 + z^2}. \quad (7)$$

Швидкість V переміщення зернової маси, враховуючи $V = \frac{d\ell}{dt}$, визначається:

$$V = \frac{r^2\varphi(t) \frac{d}{dt}\varphi(t) + z(t) \frac{d}{dt}z(t)}{\sqrt{r^2(\varphi(t))^2 + (z(t))^2}}. \quad (8)$$

Таким чином, сформована математична модель дозволяє на аналітичному рівні визначати характер зміни швидкості та прискорення руху зерна з отриманням кінцевих значень цих параметрів, що може бути використано для формування чітко уявлення можливості або неможливості безударного вивантаження зерна при застосуванні гравітаційних завантажувачів зі спіральним напрямним жолобом.

Список літератури

1. Арендаренко В. М., Самойленко Т. В. Математичне моделювання процесу завантаження силосів зерном. Вісник ПДАА. №2, 2018. С. 158–161.
2. Arendarenko V., Antonets A., Ivanov O., Dudnikov I., Samoilenko T. (2021). Building an analytical model of the gravitational grain movement in an open screw channel with variable inclination angles. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (7 (111)), 100–112. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235451>.
3. Патент України на корисну модель UA 129364, кл. B65G 65/32 (2006.01), A01F 25/00. Силос зі спіральним завантажувачем. Іванов О. М.; Самойленко Т. В.; Мельник В. І.; Арендаренко В. М. заявники і патентовласники Іванов О. М.; Самойленко Т. В.; Мельник В. І.; Арендаренко В. М. № u201805201; заявл. 11.05.2018; опубл. 25.10.2018, бюл. № 20.
4. Патент України на корисну модель UA 147476, кл. A01F 25/00, B65G 65/32 (2006.01). Силос зі спіральним завантажувачем з неоднорідним покриттям поверхні спуску. Іванов О. М.; Арендаренко В. М.; Савченко Н. К.; Сімонов К. В.; заявник і патентовласник Полтавська державна аграрна академія № u202007416; заявл. 23.11.2020; опубл. 12.05.2021, бюл. № 19/2021.

УДК 631.3:631.17

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ЗБИРАННЯ НАСАДЖЕНЬ ДЕРЕВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ

Кузьменко В. Ф., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва НААН

Онищенко В. Б., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Холодюк О. В., кандидат технічних наук, доцент

Вінницький національний аграрний університет

Толстушко М. М., кандидат технічних наук, доцент

Луцький національний технічний університет

Для заготівлі поновлюваного біопалива в твердому вигляді використовуються різні види біомаси - побічна продукція вирощування сільськогосподарських культур, відходи переробки сільгоспродукції та лісопильного виробництва, порубні залишки деревини, тощо. Особливу цінність мають насадження деревних енергетичних культур, а саме верби та тополі, оскільки вони дозволяють отримувати високоякісну продукцію, яка забезпечує високу теплотворну здатність, допустимі викиди та мінімальну зольність при

спалювані, дозволяє відтворювати непридатні для виробництва сільгосппродукції землі. Однак в Україні деревні насадження ще не набули широкого поширення [1]. Площа насаджень тополі складає лише 175 га, верби – 4,5 тис. га, однак потенційно насадження можуть зайняти значно більшу площу використовуючи частину зволжених деградованих земель, причому середні площі ділянок насаджень складають 25-37 га. Серед інших чинників, що стримують розвиток цього напрямку енергозабезпечення є відсутність технічних засобів вітчизняного виробництва для механізованого збирання деревини.

Розглядаючи варіанти процесів збирання насаджень деревини слід відзначити напівручне збирання та варіанти з реалізації механізованих технологічних процесів. За напівручного збирання, що використовується на дослідних ділянках та в присадибному господарстві за незначних площ для зрізання використовуються бензопили, потужні тримери з дисками для зрізання деревних насаджень, пристосування до мотоблоків для зрізання. Зрізані пагони можуть групуватися у в'язанки, доставлятися до місця досушування і, в залежності від потреби, різатися на щепу чи відрізки довжиною 20–30 см (дрова) або різатися на місці скошування (на тріску або дрова), доставлятися до місця накопичення і там досушуватися. Зрозуміло, що всі операції по групуванню, транспортуванню, подачі в різальний апарат виконуються вручну.

Технологічні процеси механізованого збирання дозволяють уникнути ручної праці, суттєво підняти продуктивність, отримувати продукцію в заданому вигляді. Багатьма авторами розглядалися та оцінювалися технологічні процеси збирання деревних насаджень в залежності від об'ємів виробництва, виду отримуваної продукції, потужності та типу використовуваних технічних засобів, тощо [1-6]. Виділяють три технології збирання деревних насаджень:

- зрізанням насаджень з одночасним подрібненням їх на тріску, перевезення до місця зберігання;
- зрізанням насаджень з накопиченням їх і зберіганням на полі або перевезенням до місця зберігання;
- зрізанням насаджень з одночасним різанням, розщепленням на відрізки з одночасним пакуванням в рулони.

Порівняти технології не завжди можливо, оскільки кожна з них реалізується різними за потужністю технічними засобами, забезпечує отримання різної за властивостями технічної продукції, може бути використана на різних за розмірами площах.

Так, збираючи деревину вологістю близько 50% (рис. 1) реалізуючи технологічний процес з отриманням тріски продуктивність процесу може сягати 30 т/год, тоді як збираючи зрізану деревину в рулони – 14 т/год, а збираючи деревину без подрібнення та пакування, групуючи в об'єми без вивезення продуктивність досягається 19 т/год [6].

Однак при цьому суттєво розрізняється встановлена потужність на використовуваних технічних засобах. Не зважаючи на можливість отримання щепи за високої продуктивності збирання, слід зважати на необхідність

досушування отриманої сировини, яка проблематична при зберіганні її в буртах. Слід також зважати і на значну різницю в урожайності деревних насаджень, яка фіксувалася при збиранні (5–157 т/га вологої сировини [6]), що суттєво впливає на продуктивність технічних засобів. Це також пояснює значну різницю у витратах на збирання (від 6 до 99 євро на тону отриманої продукції свіжому вигляді).

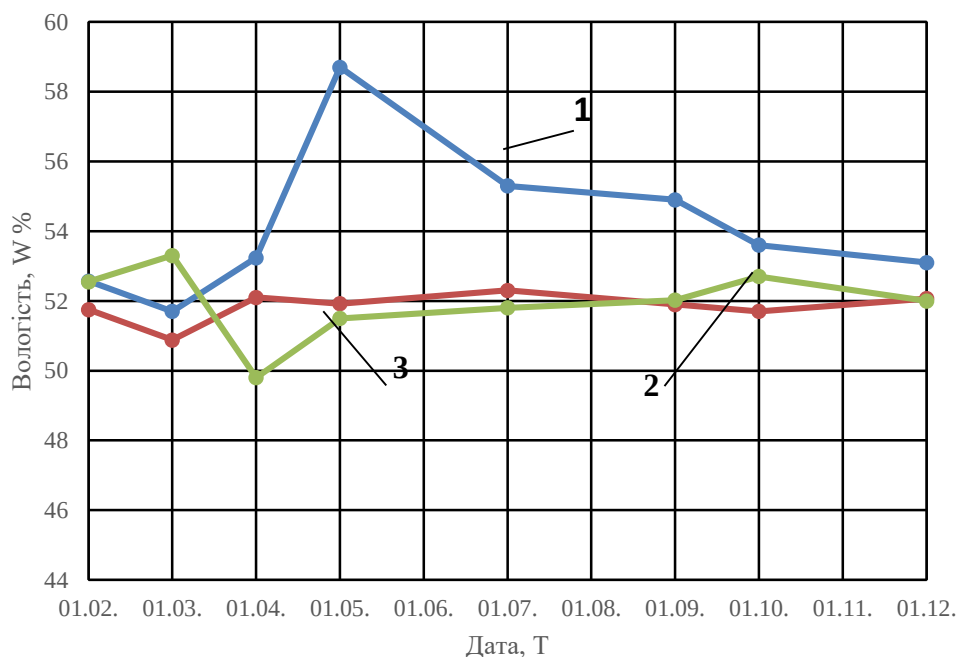


Рис. 1. Зміна вологості деревини верби протягом року (власні дослідження): 1 – гілки товщиною 2-4 мм, 2 – гілки товщиною 6-10 мм, 3 – гілки товщиною понад 14 мм.

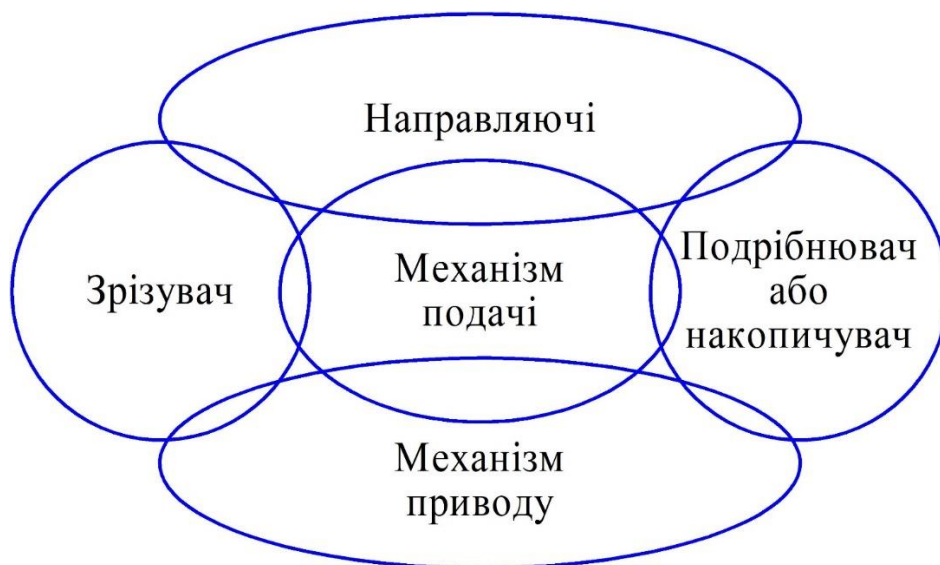


Рис. 2. Складові засобу для збирання деревини та зв'язки між ними.

Складовими засобу для збирання деревини, який реалізує будь-який з наведених вище технологічних процесів є: зрізувач пагонів насаджень, механізм подачі та подрібнювач або накопичувач. Крім вказаних є допоміжні складові, які забезпечують безперебійність роботи засобу. Це направляючі, які спрямовують пагони по осі рядка та ввід зрізувача до подрібнювача, пристрій транспортування подрібненої чи зрізаної деревини та механізми приводу (рис. 2).

В якості направляючих переважно використовується комбінації плоских поверхонь, які утворюють подільники та просторові трубчаті конструкції, що розташовуються на різній висоті пагонів насаджень.

Всі складові засобу для збирання деревини органічно пов'язані між собою, розраховані на роботу з енергозасобами відповідної потужності.

Таким чином, проаналізовані технологічні процеси для збирання насаджень деревини для забезпечення мінімізації витрат повинні обиратися у відповідності до обсягів збирання, виду та потреби у отримуваній продукції, можливості досушування деревини.

Список літератури

1. Адамчук В. В., Грицишин М. І., Перепелиця Н. М. Біоенергетичні культури. Технології. Техніка. Економіка: монографія. Ніжин. Видавець Лисенко М.М., 2021. 136 с.
2. Technologie zbioru roślin energetycznych. Pod redakcją Aleksandra Lisowskiego. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, 2010, 145 с.
3. Думич В. Технології збирання верби. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2014. Вип. 18(2). С. 228-236. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2014_18%282%29__28.
4. Trzepieciński T., Stachowicz F., Niemiec W., Kępa L., Dziurka M. Development of harvesting machines for willow small-sizes plantations in East-Central Europe. Croatian Journal of Forest Engineering (CROJFE), 37(2016)1, p. 185–199. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/295541277_Development_of_Harvesting_Machines_for_Willow_Small-Sizes_Plantations_in_East-Central_Europe.
5. Pecenka R., Ehlert D., Lenz H. Efficient harvest lines for Short Rotation Coppices (SRC) in Agriculture and Agroforestry. Agronomy Research. 12(1). 151–160. 2014. (Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Germany; *Correspondence: rpecenka@atb-potsdam.de). Режим доступу <https://www.researchgate.net/publication/268515174>.
6. Vanbeveren, Stefan PP & Spinelli, Raffaele & Eisenbies, Mark & Schweier, Janine & Mola-Yudego, Blas & Magagnotti, Natascia & Acuna, Mauricio & Dimitriou, Ioannis & Ceulemans, Reinhart, 2017. «Механізоване збирання порослі в короткій ротації», Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, том. 76(C), с. 90-104. DOI: 10.1016/j.rser.2017.02.059 Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/315343551_Mechanised_harvesting_of_short-rotation_coppices.

УДК 631. 31

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ФОРМА ТА ПАРАМЕТРИ ЛОКАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ ЛЕЗА ЯК ЧИННИК ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ГРУНТООБРОБНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

*Козаченко О. В., доктор технічних наук, професор
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна*

Впровадження інноваційних технологій виробництва сільськогосподарських культур в аграрному секторі України передбачає використання ефективних технічних засобів, що забезпечують якісне виконання функцій призначення при мінімальних витратах енергії, в тому числі, на реалізацію технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту. Одним із перспективних напрямків зменшення витрат на виконання процесу слід вважати пошук та обґрунтування раціональної форми та параметрів локального зміцнення леза культиваторних робочих органів, що взаємодіють з абразивним ґрунтовим середовищем.

Виконаними теоретичними дослідження процесу взаємодії з ґрунтовим середовищем лапи культиватора встановлено характер впливу властивостей ґрунту та параметрів локального зміцнення леза на процес зношування та обґрунтовано закономірність мінімізації швидкості зношування шляхом раціонального розташування елементів зміцнення по довжині леза лапи. При цьому, актуальним є не тільки підвищення зносостійкості робочих органів, а також зниження витрат на тертя, що відображається зміною тягового опору робочих органів і культиваторного агрегату в цілому при виконанні технологічного процесу.

Для заданих фізико-механічних і реологічних властивостей ґрунту: $V = 1,5$ м/с, $W_0 = 22$ %, $\zeta = 1340$ кг/м³, $\rho = 0,6274$ рад; $\kappa = 2,10169$ Па; $g = 9,8$ м/с², $\alpha = 0,3978$, $\beta = 0,9604$, $\xi_0 = 0,3$ МПа, $x_0 = 0,165$ м, $y_0 = -0,23$ м,) запропонована енергоощадна форма леза, яка має мінімальну швидкість зношування при взаємодії з ґрунтовим середовищем [1]. Раціональна геометрична форма поверхні лапи культиватора одержана у вигляді неявної функції:

$$0,0000620839x + 0,36307y - 0,0000447661e^{-3,28983x - 35,0009y} = 0$$

Проведенням виробничих випробувань розроблених експериментальних лап культиваторів передбачалося визначення динаміки зміни тягового опору робочих органів за напрацюванням у порівнянні із серійними лапами згідно розробленої методики з використанням вимірювального комплексу [2]. Одержані результати зміни тягового опору культиваторного агрегату, обладнаного серійними та експериментальними лапами за різними схемами

нанесення елементів локального зміцнення (верхнє або нижнє) представлено на рис. 1.

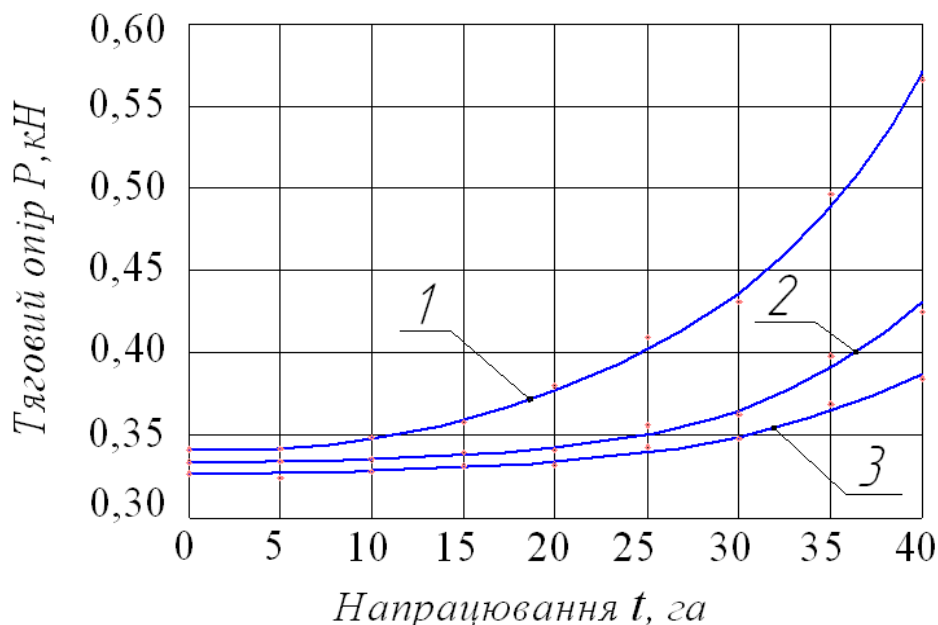


Рис. 1. Динаміка зміни величини тягового опору культиваторних лап за напрацюванням: 1 – серійна стрілчаста лапа; 2 – експериментальна лапа з верхнім зміцненням; 3 – експериментальна лапа з нижнім зміцненням леза.

Аналіз отриманих результатів польових досліджень дослідних робочих органів (рис. 1) показав, що в початковий період експлуатації до напрацювання 5 га на одну культиваторну лапу значення тягового опору за усіма варіантами має тенденцію незначного збільшення. При подальшому збільшенні напрацювання спостерігається поступове зростання тягового опору за усіма варіантами досліджуваних робочих органів, але динаміка зростання значення цього показника є різним. Найбільш інтенсивне зростання тягового опору вже після напрацювання 15 га спостерігається для серійної стрілчастої лапи.

Для експериментальних лап з раціональним профілем та локальним зміцненням леза від способу наплавлення елементів зміцнення більше зростання тягового опору спостерігалось для варіанту 2 – лапи з нижнім локальним зміцненням та верхнім заточуванням леза, що можна пояснити різною швидкістю зношування носків, робочої поверхні леза, формоутворенням зубчастого профілю леза лапи та утворювання умов самозагострювання в зонах локального зміцнення. При напрацюванні дослідних зразків робочих органів культиваторів 40 га на одну лапу встановлено, що максимальне значення тягового опору за варіантом 2 є меншим на 0,15 кН, а за варіантом 3 – на 0,19 кН – у порівнянні із серійним робочим органом культиватора.

Список літератури

1. Козаченко О. В., Каденко В. С., Шкрегаль О. М. Теоретичне обґрунтування раціональної геометричної форми лапи культиватора. Вісник

Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів. 2016. Вип.10/1 (29). С. 48-52.

2. Козаченко О. В., Шкрегаль О. М., Каденко В. С. Забезпечення ефективності робочих органів культиваторів: монографія. Харків: ПромАрт, 2021. 238 с.

УДК 351.823.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗВИТКУ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Макогін О. О.

Мельник В. І., кандидат економічних наук, доцент

Ревенко Ю. І., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розвиток малих фермерських господарств є однією з важливих тем сучасного аграрного сектору. У світі на цей час існує багато дискусій щодо доцільності такого розвитку. За попередніми оцінками, частка фермерів, які ведуть особисте селянське господарство, в Україні становить близько 12% від усіх власників земельних паїв. Нині, за даними фахівців, в робочому стані всього близько 40 тис. фермерських господарств, що насправді критично мало для України [1].

По-перше, малі фермерські господарства можуть сприяти покращенню економіки. Це пов'язано з тим, що такі господарства є більш гнучкими та можуть швидко пристосуватися до змін на ринку. Вони зазвичай спеціалізуються на вирощуванні овочів і технічних культур, які можуть бути дорожчими та мають високу якість, тому можуть забезпечити додаткові доходи. Крім того, малі фермерські господарства можуть забезпечувати робочі місця та стимулювати розвиток місцевого бізнесу, що також може сприяти зростанню економіки.

Загалом, можна цілком впевнено стверджувати, що агробізнес на вирощуванні малопоширених сільськогосподарських культур та рослин має як свої особливості, так і певні економічно вигідні можливості й окремі складнощі. Їх варто ретельно аналізувати та вивчати, адже це основна запорука успіху у цій справі та гарантія ефективного і конкурентоспроможного розвитку бізнесу в коротко- та середньостроковій перспективі. Наприклад, окремі культури мають стабільний ринковий попит та доволі високу ціну реалізації. Зокрема, середня ринкова вартість свіжої спаржі сягає від 200–300 грн/кг і вище, а м'яти — від 150–200 грн. Досить вигідним є вирощування також капусти пекінської, де дохідність може перевищувати 300 тис. грн із розрахунку на 1 га. [2]

По-друге, розвиток малих фермерських господарств може покращити соціальну стабільність у різних регіонах. Особливо важливо це в країнах з низьким рівнем розвитку, де великі аграрні підприємства можуть бути приватною власністю або іноземних компаній. Малі фермерські господарства можуть забезпечити місцевим громадам стійкий доступ до харчових продуктів, а також сприяти розвитку місцевих культур та традицій. Це може підвищити рівень життя населення.

По-третє, малі фермерські господарства можуть сприяти покращенню стану родючості ґрунту. Зазвичай такі господарства мають невеликі тваринницькі ферми. Тому вони вносять не тільки мінеральні, а й органічні добрива. Це може підвищити рівень екологічної свідомості та забезпечити більш стійке виробництво екологічно чистих продуктів.

На жаль, розвиток малих фермерських господарств в Україні, може мати свої виклики та обмеження, адже велику частину займають саме агрохолдинги. Основними проблемами розвитку фермерства України є: виділення недостатніх розмірів земельних наділів для ведення ефективного господарювання; низький рівень розвитку та запровадження інноваційних технологій ведення сільського господарства; слабка матеріально-технічна база фермерських господарств; державна фінансово-кредитна підтримка фермерства; проблемне для фермерських господарств отримання кредитів комерційних банків, а відповідно, і використання державних коштів через механізм здешевлення кредитних ставок на них; недосконалість механізму довгострокового кредитування й оподаткування фермерських господарств; нерегульованість ринку збуту продукції аграрного сектору; бюрократія; занедбана інфраструктура; неефективне інформаційно-консультаційне забезпечення фермерів;

Так, наприклад, в США визначають галузь сільського господарства, яка насамперед потребує підтримки держави, й обсяг необхідної допомоги, що дозволяє відразу вирішити завдання стимулювання розвитку сільського господарства. Вироблена продукція закуповується за високими цінами, аби організаціям був стимул працювати з невеликою кількістю людей і з найменшими витратами. Широке поширення набула програма гарантованих кредитів під цілі розвитку бізнесу. Зазвичай держава надає гарантії на суму 80% кредиту розміром не більше 5 млн дол., 70% – для кредитів від 5 до 10 млн дол. і 60% – для кредитів від 10 до 25 млн дол. Термін, на який надається гарантія під виданий кредит, становить для придбання ресурсів 7 років, машин і устаткування – 15 років, для придбання або будівництва нерухомості – 30 років [3, с. 320].

На загальний погляд, малі фермерські господарства в Україні продовжують існувати та розвиватися. Як і в багатьох країнах світу, в Україні зростання роль великих аграрних компаній, проте водночас малі господарства залишаються важливими гравцями в сільському господарстві. Держава частково стимулює їх розвиток, за допомогою кредитування, наприкладі, державної програми «Доступні кредити 5-7-9». Станом на 4 квітня 2023 року, цією програмою скористалися понад 4200 аграріїв на суму майже 12 мільярдів

1. Мільйони дрібних господарств і сімейних ферм можуть стати альтернативою агрохолдингам. Онлайн асистент фермера. URL:<https://kurkul.com/news/7280-milyoni-dribnih-gospodarstv-i-simeynih-ferm-mojut-stati-alternativoyu-agroholdingam>.

2. Актуально для малих фермерів: малопоширені агрокультури. Агробізнес Сьогодні. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/12500-aktualno-dlia-malykh-fermeriv-maloposhyreni-ahrokultury.html>

[illegible]

4. Міністерство економіки України. Офіційний сайт. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail?lang=uk-UA&id=1e2773a669384be78f38b63a65f3ec08&title=ZaPershiiTizhden2023Roku245&fbclid=IwAR0hkhtXO1RLrZkGWWJkxpQRu78XK4bDsQDgBrqicRGUvhzZbudxIMWGWok>.

5. Аграрне інформаційне агентство: Agravery.com <https://agravery.com/uk/posts/show/protagom-roku-v-ukraini-vidkrili-ponad-tisacu-novih-fermerskih-gospodarstv>.

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

Ребенко В. І., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Молоко на 87% складається із води. На літр молока корова витрачає 4-5 л води, включаючи воду, що міститься у кормі. Недостатність води знижує споживання сухої речовини корму та продуктивність худоби.

Забезпечення без збоїв тварин у достатній кількості хорошою, підготовленою та підігрітою водою дозволяє збільшити продуктивність корів

молочного спрямування на 10-15%, зменшити витрати кормів на 3-5%. Потреба корів у воді залежить від їхньої продуктивності та температури повітря. Кількість води, що випивається, різко зростає при значному підвищенні температури зовнішнього повітря і в корівнику, при цьому частота пиття становить до 10 разів на добу. П'ють корови швидко: до 20 л/хв, тому подача води в напувалку має бути досить швидкою та максимально безшумною. Температура води в напувалках повинна бути в діапазоні 10-12°C. При цій температурі тварини споживають максимальну кількість води та не витрачають зайву енергію кормів на зігрівання води до температури тіла, а витрачають її на виробництво молока. Холодна вода значно знижує потенційні надії.

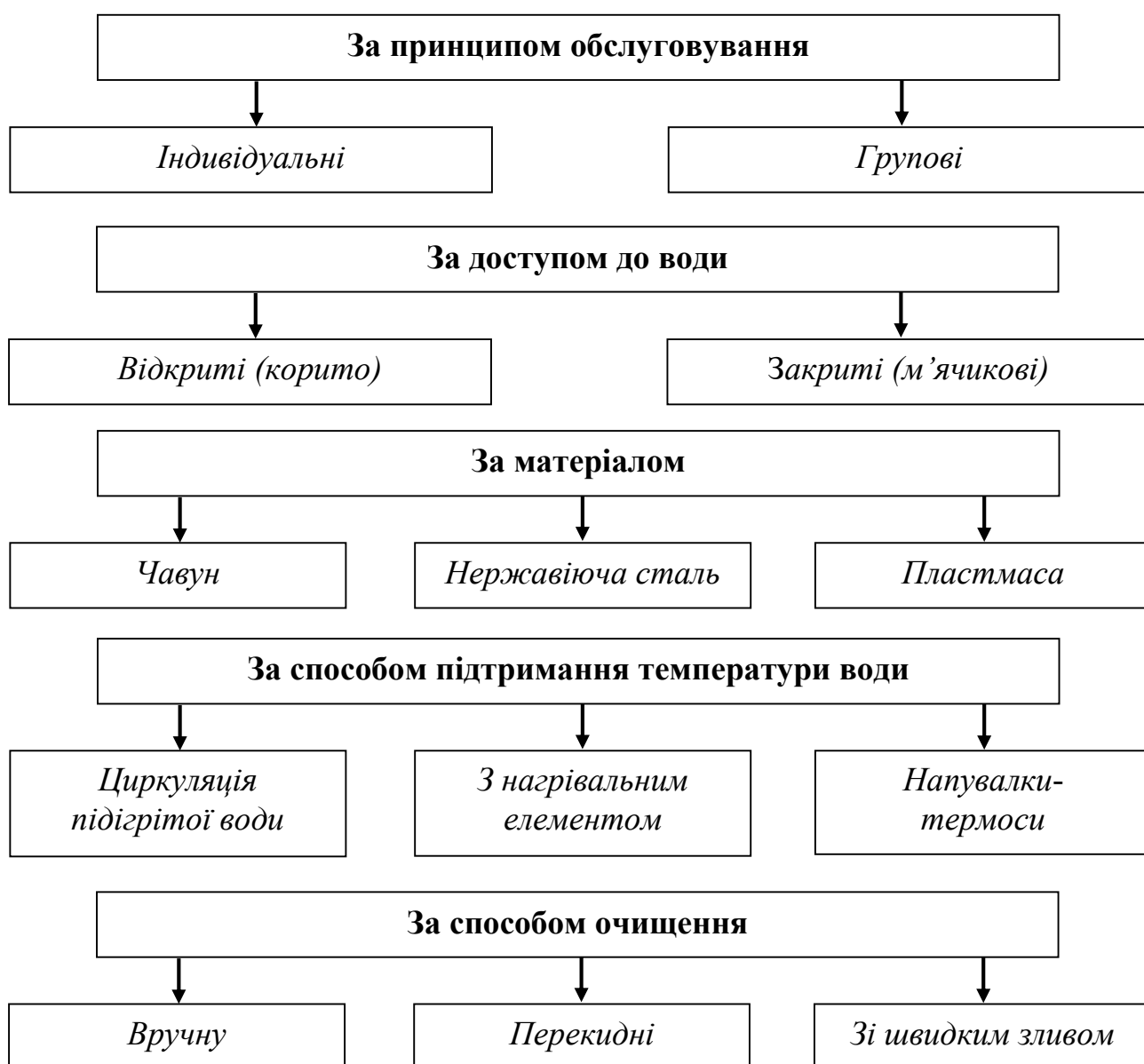


Рис. 1. Класифікація напувалок для корів.

Для напування тварин використовують різні напувалки. Наявність їх численних конструкцій пояснюється різними способами утримання тварин та

пошуками найдосконаліших пристроїв. Класифікацію напувалок для тварин представлено на рис. 1.

Технологічне обладнання для напування корів вибирають відповідно до технології утримання. При прив'язному способі утримання тварин напування проводиться за індивідуальним принципом з автоматичних напувалок з розрахунку одна напувалка на 2 голови, при безприв'язному способі утримання - за груповим принципом.

Для напування тварин при прив'язному утриманні використовуються індивідуальні напувалки, які виконані з сучасних матеріалів, у тому числі з пластику, який дозволяє забезпечити не тільки довговічність використання напувалки, але й гігієну за рахунок відсутності кутів та низької адгезії поверхні напувалок (в порівнянні з чавунними напувалками). Задана температура води в холодну пору року в індивідуальних напувалках підтримується за рахунок постійної циркуляції підігрітої води в системі автонапування. При безприв'язному утриманні худоби використовуються групові напувалки з відкритим дзеркалом води або м'ячкові напувалки-термоси. Оскільки корови вважають за краще бачити дзеркало води та пити великими ковтками, зануливши морду у воду, то використання м'ячкових напувалок не бажано. Такі напувалки зазвичай використовуються на відкритих майданчиках в зимових умовах. У холодний період року температура води підтримується за рахунок циркуляції підігрітої води, або самою напувалкою за наявності в ній нагрівального елемента.

Напувалки завжди потрібно утримувати в чистоті. За способом очищення групові напувалки поділяються на перекидні напувалки і на напувалки зі швидким зливом води. Конструкція з перекидними напувалками полегшує роботу з чищення напувалок і на практиці зарекомендувала себе з кращого боку.

Встановлена на сучасних напувалках арматура подачі води має не тільки високу надійність і довговічність, але й високу продуктивність, що дозволяє задовольняти спрагу тварин за дуже короткий період часу. Необхідна кількість та правильне розміщення напувалок може повністю задовольнити потребу корів у питній воді, що є необхідною умовою для досягнення потрібного споживання кормів та високого надою. При виборі та розміщенні напувалок, для максимально комфортного напування тварин свіжою та чистою водою при безприв'язному утриманні тварин, необхідно врахувати наступні умови:

- фронт напування на одну корову при використанні напувалок з відкритим дзеркалом води повинен бути не менше 10 см;
- верхня грань напувалки повинна бути на висоті 80 см від підлоги;
- у групі має бути не менше двох напувалок;
- дотримання умови доступності напувалки для корів з трьох сторін;
- у радіусі 3 м від кожної напувалки має бути вільний простір;
- легкість чищення напувалки та гігієнічність;
- відстань для корів до найближчої напувалки не повинна перевищувати 15 м.

УДК 532.526.2

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПРИСТІННОГО ПОГРАНИЧНОГО ШАРУ З ЗОВНІШНІМ ЗБУРЕННЯМ

Дмитрів В. Т., доктор технічних наук, професор

Дмитрів Т. В., аспірант

Національний університет "Львівська політехніка"

В задачах проєктування систем механіки, що працюють у Ньютонівських середовищах в режимі обтікання поверхонь, необхідно мати характеристики руху середовищ на пристінних поверхнях обтікання. Це уможливить розрахувати втрати енергії на транспортування середовищ та силові характеристик переміщення об'єктів в таких середовищах.

Для визначення ефективності взаємодії поверхонь обтікання з пристінними пограничними шарами за турбулентних та вимушеної турбулентності потоків повітря необхідно розробити математичні залежності з уможливленням їх аналітичного розв'язування для моделювання, що уможливить адекватне відображення зовнішніх збурень на пристінний пограничний шар. Система диференціальних рівнянь, для моделювання процесів в пристінному пограничному шарі, приведена у вигляді:

- диференціального рівняння енергії:

$$\left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y}\right) (2\pi\rho CA) = \frac{\partial}{\partial y} \left[(k + k_T) \frac{dA}{dt} \right] + (\mu + \mu_T) \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + u \frac{dp}{dx} + \omega_v; \quad (1)$$

- диференціального рівняння руху:

$$\left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y}\right) \rho = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left[(\mu + \mu_T) \frac{\partial u}{\partial y} \right] + S_v; \quad (2)$$

- диференціального рівняння нерозривності:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0; \quad (3)$$

- рівняння стану:

$$\rho = p/(RT), \quad (4)$$

де x, y – поєздовжня і вертикальна координати відповідно, м; u, v – поєздовжня і поперечна швидкості повітря відповідно, м/с; ν – частота хвилі збурення, с⁻¹; ρ – густина повітря, кг/м³; C – швидкість розповсюдження хвилі, м/с; A – амплітуда збурення, м; k – коефіцієнт пружності повітря, Па; k_T – коефіцієнт турбулентного переносу кількості пружності, Па; μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с; μ_T – коефіцієнт турбулентного переносу кількості руху, Па·с; ω_v, S_v – члени, що характеризують інтенсивність внутрішніх енергії коливання, Н·м/(с·м³) і кількості руху, Н/м³, відповідно; p – тиск потоку, Па; R – газова стала, Дж/(кг·К); T – температура потоку, К.

В основі запропонованої системи рівнянь є рівняння пограничного шару, запропоновані Л. Прандтлем, отримані в ході спрощення диференціальних рівнянь Нав'є-Стокса. Для збурення запропоновано застосувати надходження енергії від прикладених коливань в заданому частотному діапазоні.

З математичної точки зору такий підхід уможливорює спростити задачу, розділивши потік й розглядати тільки динамічний пограничний шар.

Приведена задача і її математичне формулювання системою рівнянь (1)–(3) є незамкнутою із-за невизначеності величин коефіцієнтів турбулентного переносу кількості руху μ_T і турбулентного переносу кількості пружності k_T .

Дані коефіцієнти будуть у функціональній залежності від розподілу швидкості по товщині пограничного шару. Вважаємо, що швидкість, за турбулентного режиму руху обтікання поверхні, в пограничному шарі змінюється за траєкторією (рис. 1), яку можна описати кубічним рівнянням.

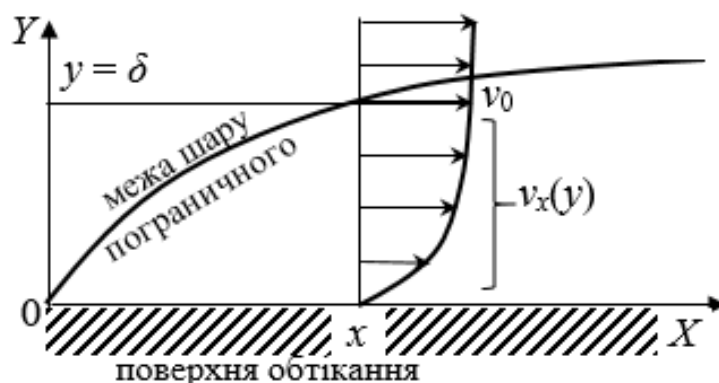


Рис. 1. Розподіл швидкостей на поверхні обтікання за турбулентного пограничного шару.

Тоді:

$$v_x = a + b \cdot y + c \cdot y^2 + m \cdot y^3. \quad (5)$$

Коефіцієнти a, b, c, m визначаємо із граничних умов, аналогічно [1]:

1) на поверхні площини обтікання: $y = 0, v_x = 0$, підставляємо у рівняння (5), отримуємо, що $a = 0$;

2) за $y = 0, v_x = 0, v_y = 0$, відповідно $\partial^2 v_x / \partial y^2 = 0$.

Запропонована математична модель впливу на пограничний пристінний шар збуренням за рахунок надходження енергії від прикладених коливань в заданому частотному діапазоні уможливорює аналітично дослідити характер зміни швидкості потоку повітря на обтічній поверхні в пристінному пограничному шарі.

Список літератури

1. Дмитрів В. Т., Микійчук М. М., Дмитрів Т. В. Аналітична модель динамічного пограничного шару на поверхні за ламінарного режиму обтікання. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 3, 97-102.

УДК 538.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

FEATURES OF CLEANING OF BIODIESEL FROM ALKALINE CATALYST

Borek Kinga, PhD., Assistant of Professor
Institute of Technology and Life Sciences (Poland)

The purpose of the work – to investigate the volumetric washing of biodiesel and establish its optimal parameters and regimes to ensure the specified indicators of its quality.

Research results. In the production of biodiesel using traditional technology, an alkaline catalyst (usually potassium hydroxide) is used [1], which causes corrosion of aluminum engine parts and corrodes rubber gaskets. Therefore, biodiesel is freed from the catalyst by neutralization with a weak aqueous solution of citric acid with the formation of salts (potassium citrate), which form small plates, the precipitation of which takes a considerable time. One of the ways to free biodiesel from potassium citrate plates is its volumetric washing. To do this, equal amounts of water and biodiesel are mixed, after which they are mixed, settled, the water is drained, and the process is repeated many times [2].

1/3 of biodiesel after neutralization and 2/3 of water were poured into a 300 ml beaker. Using a tripod, the glass was placed in the TC-01/16 thermostat, on which the temperature was set at 40°C. Mixing was carried out using a two-bladed mixer with three blades on the shaft (Fig. 1, a) and a four-bladed mixer with inclined blades (Fig. 1, b). The stirrers were driven by the EUROSTAR digital mixing device (Fig. 2).



a) b)
Fig. 1. Stirrers: a – bladed with three blades on the shaft; b - four-bladed with inclined blades.



Fig. 2. Study of volume washing of biodiesel.

The rotation frequency of the paddle stirrer was 100, 200, 300 and 400 rpm. (at higher rotation frequencies, the formed funnel reached the bottom of the glass), four-blade stirrer with inclined blades: 200, 350, 500, 650 rpm.

The experiment took 4 hours. Sampling of biodiesel to determine its alkalinity was carried out every hour. Also, after every hour, the contaminated water was replaced with clean water. As can be seen from the volumetric washing with the help of paddle mixers, the alkalinity of biodiesel increases over time, which can be explained by the breaking of potassium citrate plates into smaller ones as a result of mechanical mixing and their poor transition from the biodiesel layer to the water layer. Therefore, volume washing for four hours unsatisfactorily frees biodiesel from catalyst residues.

Conclusion. During volume washing with the help of paddle mixers, the alkalinity of biodiesel increases over time, which can be explained by the breaking of potassium citrate plates into smaller ones as a result of mechanical mixing and their poor transition from the biodiesel layer to the water layer. Therefore, volume washing for four hours unsatisfactorily frees biodiesel from the catalyst.

References

1. Romaniuk, W.; Rogovskii, I.; Polishchuk, V.; Titova, L.; Borek, K.; Shvorov, S.; Roman, K.; Solomka, O.; Tarasenko, S.; Didur, V.; Biletskii, V. Study of technological process of fermentation of molasses vinasse in biogas plants. Processes. 2022. 10. 2011. <https://doi.org/10.3390/pr10102011>. Q2

2. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Wardal W.J., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahnev S., Derevjanko D. Study of methane fermentation of cattle manure in the mesophilic regime with the addition of crude glycerine. Energies. 2022. Vol. 15. Issue 9. P. 3439. <https://doi.org/10.3390/en15093439>. Scopus Q2.

УДК 621.311.245

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНО-РОТОРНОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ З ПОВОРОТНИМИ ЛОПАТЯМИ

Краснолуцький П. П., кандидат технічних наук, доцент

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Волошин С. М., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вітродвигуни з вертикальною віссю обертання ротора порівняно з горизонтально-осьовими вигідно відрізняються підвищеними робочим та пусковим крутним моментом, простішою конструкцією, кращою стійкістю до шквальних вітрів. Але вони мають істотно менший коефіцієнт використання

енергії вітру та значно нижчу частоту обертання, що ускладнює їх агрегатування з деякими виконавчими машинами, зокрема, електрогенераторами [1]. У пошуку шляхів удосконалення таких вітродвигунів було проаналізовано їх відомі конструкційні схеми і складено таблицю морфологічного аналізу.

Таблиця 1

Морфологічний аналіз вертикально-роторних вітродвигунів

Морфологічна ознака	Альтернативи (можливі варіанти)				
	1	2	3	4	5
А – рух лопаті	Обертальний	Поступальний	Коливальний	Обертально-поступальний	Обертально-коливальний
Б – сприйняття енергії вітру	Піднімальна сила	Сила лобового опору	Ефект Магнуса	Піднімальна сила + сила лобового опору	Піднімальна сила + ефект Магнуса
В – форма міделя	Прямокутник (квадрат)	Трапеція (трикутник)	Круг (еліпс)	Багатокутник (комбінація)	-
Г- профіль динамічний	Циліндр	Конус (піраміда)	Сфера (еліпсоїд)	Гелікоїд	Тороїдальний сектор
Д – профіль лопаті	Плоский	Криволінійний	Аеродинамічний (подвійної кривизни)	«Складене крило»	-
Е – поверхня лопаті	Суцільна жорстка	Решітчаста	Поліпланна	З відносним зміщенням фрагментів	Аеродинамічно гнучка
Ж – кріплення лопатей	Жорстке	З можливістю повороту навколо вертикальної осі	З можливістю повороту навколо горизонтальної осі	-	-
К - Кількість лопатей	1	2...4	6 і більше	-	-

Кількість можливих комбінацій $5 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 3 = 90\,000$ варіантів.

Обрана комбінація А1-Б4-В1-Г1-Д4-Е4-Ж2-К2, яка реалізована у моделі вітродвигуна, показана на рис. 1.

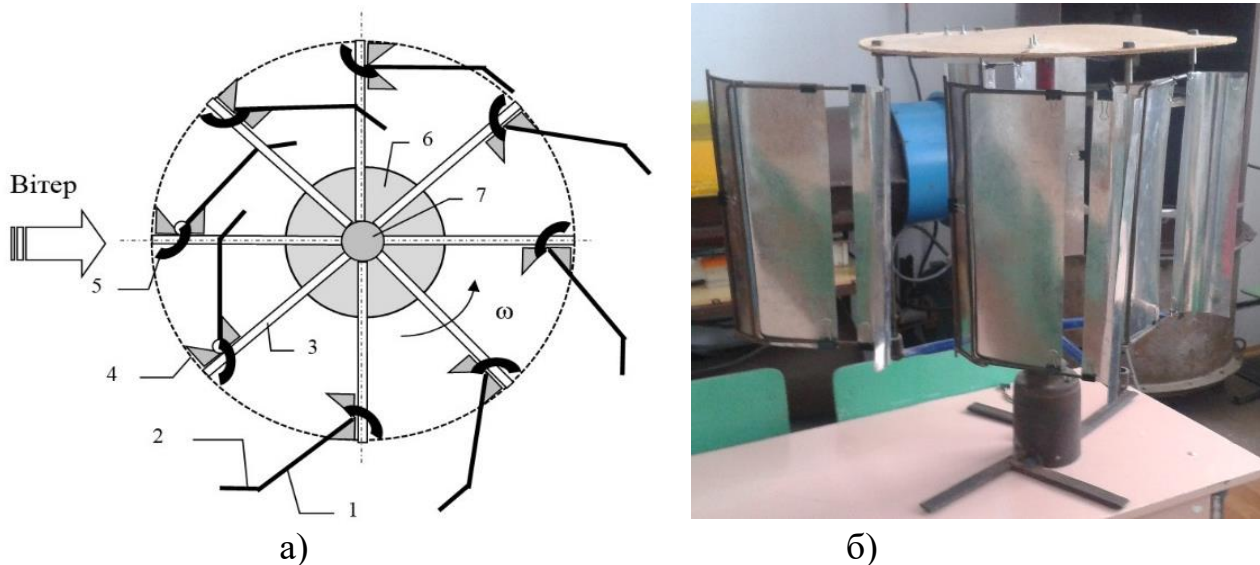


Рис. 1. Схема вітродвигуна (1а) та загальний вигляд моделі (1б): 1 – лопать; 2 – закрилок; 3 – лонжерон; 4 - обмежувач; 5 – флюгер; 6 – диск опорний; 7 – вал.

Обрана схема відрізняється тим, що лопать 1 кріпиться шарнірно до лонжерона 3 з можливістю обмеженого повороту. Завдяки цьому прогнозувалось, що робочий кут повороту ротора збільшиться до $225^{\circ} \dots 270^{\circ}$ (проти $135 \dots 160^{\circ}$ для звичайних вітряків карусельного типу) і лиш на повороті $270^{\circ} \dots 360^{\circ}$ лопать перейде у режим флюгера з мінімальним опором руху повітря. На початкових етапах дослідження було проведено кінематичний аналіз ротора і з'ясовано, що при його повороті істотно змінюється площа міделя лопаті, кут атаки і положення центра маси та аеродинамічного тиску. Особливо стрімко це відбувається на ділянці траєкторії $45^{\circ} \dots 125^{\circ}$, коли лопать різко розвертається, що спричинює раптове збільшення штовхаючої аеродинамічної сили (через збільшення площі міделя) та крутного моменту (через збільшення аеродинамічної сили та плеча її дії) [2].

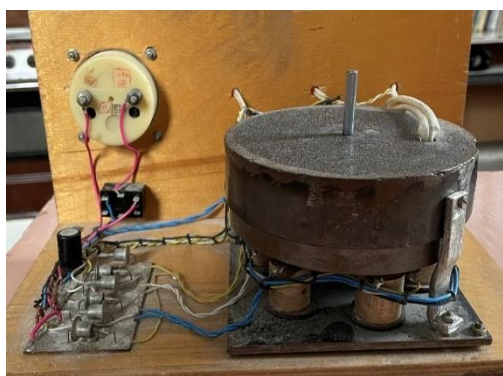
На наступних етапах було теоретично розраховано параметри вітродвигуна при його заданій потужності 5 кВт, виготовлено модельні установки (за критерій подібності застосовано критерій Рейнольдса) і проведені досліди за планом двохфакторного експерименту. У результаті було встановлено, що варіант з трьома лопатями є практично нероботоздатним: вітродвигун розганявся повільно, ривками, періодично зупиняючись, особливо при малій швидкості повітряного потоку. Коефіцієнт використання енергії вітру (як відношення фактичної потужності вітродвигуна до енергії потоку повітря) у даному випадку знаходиться у межах $0,12 \dots 0,14$, піднімаючись до $0,16 \dots 0,19$ лише при високій швидкості вітру [3]. Причиною таких «стрибків» є те, що у положенні повороту $0 \dots 75^{\circ}$ виникає аеродинамічна тінь, коли лопать закриває

собою від вітру попередню, яка знаходиться на дузі повороту $90 \dots 180^\circ$. Подібна, але пом'якшена ситуація виникає і при роботі ротора з 4 лопатями. Тут також виникає аеродинамічна тінь, але на коротшій ділянці повороту ротора і така, що неповністю перекриває прохід вітру до наступної лопаті. Позбавитись або істотно послабити цей ефект можна у такі способи:

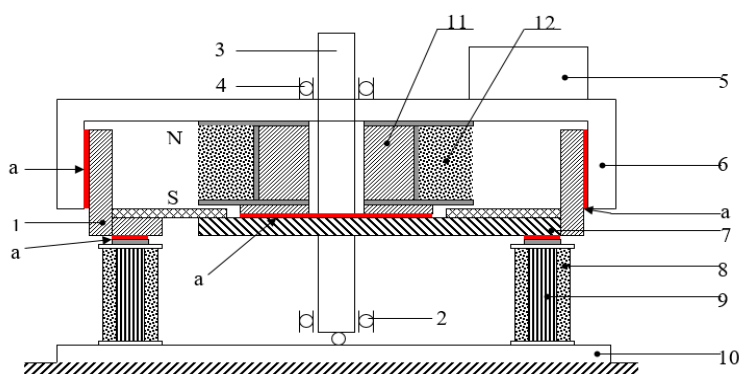
1) розташувати лопаті у два яруси по вертикалі; слід врахувати, що висота конструкції відповідно зростає вдвічі;

2) виконати лопаті не суцільними, а з вертикальними вікнами поблизу осі кріплення.

Окремо слід висвітлити результати вибору електрогенератора. Спочатку у лабораторних моделях застосовувався спеціально виготовлений електрогенератор змінного струму з постійними магнітами, закріпленими на периферії опорного диска у зоні максимальної лінійної швидкості. У ході експериментів було встановлено, що конструкція генератора є роботоздатною і вже при частоті обертання валу близько 60 хв^{-1} він генерував фазну пікову напругу до $20 \dots 25 \text{ В}$, а при 150 хв^{-1} - $42 \dots 45 \text{ В}$ (у режимі холостого ходу). Однак через биття опорного диска при збільшенні обертів характеристика струму не була плавною [3]. Крім того на показниках роботи негативно відбилися технічні погрішності при закріпленні магнітів. Очевидно, що при переході від моделі до вдсятеро більшого натурального зразка ці недоліки лише посиляться і при діаметрі опорного диска близько 2 м уникнути його биття та забезпечити стабільний зазор між магнітами та котушками практично нереально. На підставі проведеного аналізу конструкцій електрогенераторів розроблено і виготовлено діючу модель безконтактного асинхронного трифазного генератора змінного струму з кігтевидним ротором і торцевим розташуванням робочих обмоток (рис. 2).



а)



б)

Рис. 2. Експериментальна модель генератора (2а) та його принципова схема (2б): 1 - кіготь ротора полюсу “N”; 2 - нижній підшипниковий вузол; 3 - вал ротора; 4 - верхній підшипниковий вузол; 5 - блок керування (регулятор напруги); 6 - корпус із магнітомяккої сталі (N-полус); 7 - кіготь ротора полюсу “S”; 8 - робоча (фазна) обмотка; 9 - осердя котушки; 10 - основна несуча нижня плита (сталь); 11 - магніт збудження; 12 - обмотка керування магнітним потоком; а - магнітні зазори.

У ході початкових експериментів було підтверджено загальну роботоздатність даного генератора, а також його спроможність працювати у діапазоні частоти обертання ротора 63...90 хв⁻¹. Так, як генератор виконано з обмоткою підмагнічування, то при зміні сили струму через дану обмотку можна в досить широких межах регулювати вихідну напругу, або струм навантаження. Для цього пропонується застосувати електронний регулятор напруги підмагнічування який обмежує нестабільність вихідної напруги не більше $\pm 5\%$ при середніх швидкостях обертання якоря.

Загалом можна зробити такі висновки. Запропонована конструкція вітродвигуна є цілком роботоздатною і порівняно із відомими конструкціями вертикально-роторних установок має вищий коефіцієнт використання енергії вітру за рахунок збільшеної довжини робочого ходу ротора. Для забезпечення такого ефекту лопаті рекомендується виготовляти вигнутого профілю і встановлювати їх парами поярусно або виготовляти із вертикальними прорізами ближче до осі обертання для запобігання виникненню аеродинамічної тіні. Доцільно також застосувати у даній установці електрогенератор з котушками, рознесеними по периферії, де лінійна швидкість перетинання магнітного поля максимальна. Вважаємо, що у даному випадку найбільш практичною є конструкція безконтактного асинхронного трифазного генератора змінного струму з кігтевидним ротором і торцевим розташуванням робочих обмоток.

Список літератури

1. Півняк Г., Шкрабець Ф., Нойбергергер Н., Ципленков Д. Основи вітроенергетики: підручник. Дніпропетровськ: НГУ. 2015. 335 с.

2. Краснолуцкий П., Панцир Ю. Теоретический анализ ветродвигателя с поворотными лопастями. Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture: Lublin-Rzeszow, 2015, Vol. 17, No. 1. P. 51–56.

3. Краснолуцкий П.П., Панцир Ю.І. Горбовий О.В. Деякі результати лабораторних досліджень вітрогенератора з поворотними лопатями. Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): матеріали наук.-техн конф., м. Київ, 23-27 травня 2018 р. 131 с. С. 35-37.

СЕКЦІЯ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН AGRICULTURE 4.0

УДК 631.31:631.312.021-667.637.22

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЛУЖНИХ ЛЕМЕШІВ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЗНОСОСТІЙКОСТІ

*Денисенко М. І., кандидат технічних наук, доцент
ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»*

Леміш плугу – найбільш складний, металомісткий і самий швидкозношуваний робочий орган плугу. Основні вимоги до нього [1]:

- терміни служби до вибраковки або ремонту не менше сезону;
- дотримання основних агротехнічних вимог на протязі терміну служби: добре заглиблення, рівномірна глибина оранки;
- забезпечення мінімальних енерговитрат при оранці (мінімальний тяговий опір);
- технологічний у виготовленні і відносно дешевий.

Як показує практика, більшість з цих вимог не виконується, в результаті почали створювати леміші різних форм і типів. Геометрична форма леміша чинить великий вплив на тяговий опір плугу. Все це визначає необхідність вивчення роботи леміша, розробки нових конструкцій, способів попередження зносу і методів підтримання їх працездатності. Основні конструкції лемішів представлені на рисунку 1. У світі існує безліч конструкцій лемішів плугів. Умовно конструкції леміша можливо розділити на три узагальнених виду за параметрами основи леміша: долотоподібний, прямої і косої трапеції.

Леміш плугу – одна з найбільш масових деталей робочих органів сільськогосподарських машин. Він працює у важких умовах абразивного зносу, піддається великим силовим навантаженням, може сприймати часті удари каміння та інших предметів, що знаходяться у ґрунті. У зв'язку з цим, леміші швидко виходять з ладу, і тому витрачаються, і виготовляються десятками мільйонів штук на рік. Виробники сільськогосподарської продукції при придбанні техніки пріоритет надають машинам з найбільшим ресурсом. За цими параметрами вітчизняні ґрунтообробні машини у значному ступені поступаються закордонним аналогам.

Працездатність таких технічних систем в основному регламентується ресурсом деталей робочих органів. Для всіх конструкцій найбільш небезпечними являються деформація або руйнування, а для ріжучих робочих органів – затуплення леза і утворення затилкової фаски (ділянки зносу) під від'ємним кутом до глибини борозни. Знос робочих органів, глибина обробки ґрунту, і якість функціонування взаємозв'язані. Наробіток до першої відмови у плужних

лемішів складає від 5...10 га на піщаних ґрунтах і до 40...60 га на чорноземах, при цьому основними причинами відмови являються знос леміша у ділянці носка, польової дошки і леза. Дійсно, в умовах інтенсивного абразивного зносу, що зазнає леміш у процесі роботи, лезо змінює свою геометричну форму, утворюється затилкова фаска, округлюється і спрацьовується носок; відбувається зношування п'ятки робочої поверхні; формується променевий знос, та зменшується ширина леміша.

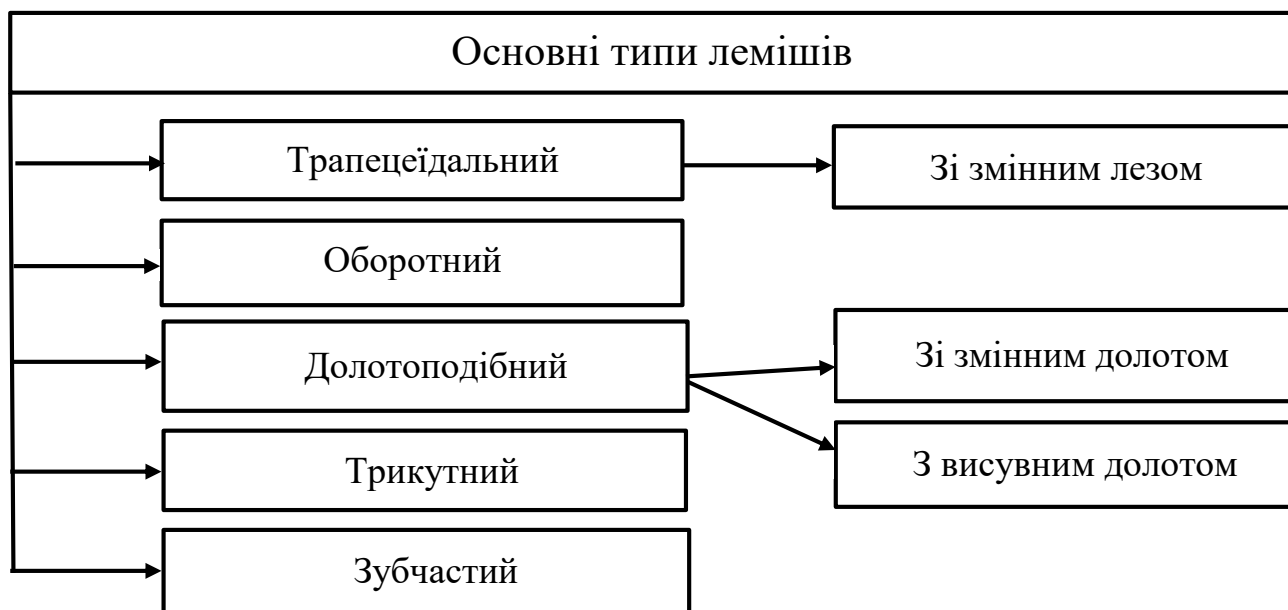


Рис. 1.

Крім того, при зіткненні леміша з каменистими включеннями можуть утворюватися згини, скручування і руйнування (поломка). Як правило, первинна відмова регламентується закругленням та зносом носка на величину більше 45 мм, і променевим спрацюванням. Одним з головних факторів, що обмежує ресурс плужного леміша, треба вважати утворення променевого зносу у ділянці, що торкається польової дошки. Кількість відмов лемішів за цією причиною складає близько 84 % від кількості, що поступили на реставрацію та відновлення. Значні втрати металу у даній ділянці леміша, навіть до наскрізного протирання, призводять до згину носка та його поломці. Так, низька якість оранки затупленими лемішами супроводжується зростанням витрати палива [2].

Іншим дефектом вважається знос носка леміша. Коефіцієнт його повторюваності складає приблизно 0,3 за наявності зносу більше 45 мм. Така величина являється допустимою. У суперечному випадку, порушується стійкість плугу, та утворюється ефект виштовхування агрегату від землі. Крім того, створюються значні труднощі з заглибленням. У зв'язку з наявністю різних за природою і характером прояву дефектів, пропонується класифікація, що побудована на універсалізації технологічних процесів.

Під універсалізацією у даному випадку розуміємо можливість відновлення певної кількості дефектів – від одного до різного їх сполучення у конкретній деталі. Методи усування дефектів плужних лемішів:

1) одного дефекту: заварювання тріщин, загострювання і відтяжка леза, правка, двошарове наплавлення променевого зносу;

2) двох дефектів: пайка металокерамічних пластин, відтяжка носка і леза, заплавлення променевого зносу з відтяжкою, приварювання додаткових елементів з усуванням променевого зносу;

3) три і більше дефектів: заливання рідким металом, нарощування поверхонь наплавленням, приварювання змінних вставок.

Усування тріщин має випадковий характер, і в цілому не вирішує проблему відновлення плужних лемішів. При затупленні леміші загострюють під кутом $15...23^\circ$ (кут самозагострювання) до появи твердого шару. Операція загострювання може бути замінена такими операціями: обрубка ріжучої кромки під таким же кутом у штампі; відтяжкою; прокаткою леза після нагрівання; обрізання повітряно-плазмовим струменем. Найбільш простим за конструкцією являється трапецієподібний леміш, лезо котрого паралельно його спинці. Основною перевагою цього леміша являється його технологічність та дешевизна конструкції, обумовленою можливістю його виготовлення з листового прокату.

Найбільш суттєвим недоліком його є швидка втрата здатності заглиблення і, як наслідок, зменшення рівномірності глибини оранки, тобто порушення одного з головних показників його роботи. Долотоподібний леміш (рис. 2, а,б) має подовжений носок у вигляді долота, завдяки чому він краще заглиблюється, та більше стійкий у роботі.

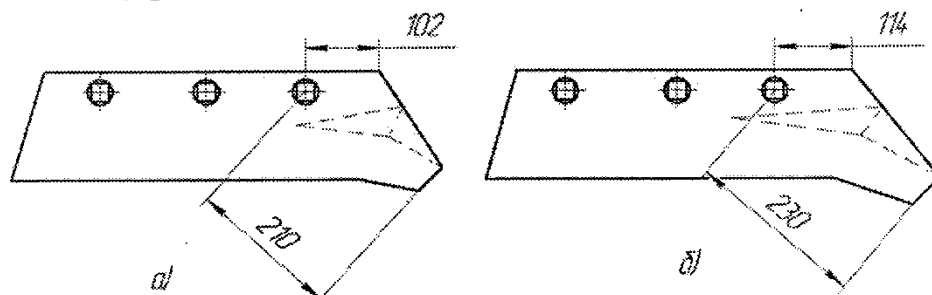


Рис. 2. Конструкції лемішів: а – долотоподібний П-702; б – долотоподібний ПНЧС-702.

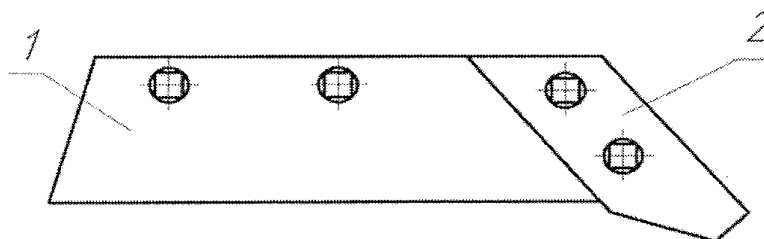


Рис. 3. Складовий долотоподібний леміш зі змінним долотом: 1 – корпус леміша з лезом; 2 – змінне долото.

Матеріал для їх виготовлення – сталь Л-53 з місцевим загартуванням та відпуском на твердість 39...42 HRC. Ці конструкції лемішів зазнають більше частішого вибракування у процесі експлуатації від згину та поломки відносно небезпечного перерізу у зоні першого кріпильного отвору. Практичний інтерес представляє складовий долотоподібний леміш зі змінним долотом (рис. 3).

Основною перевагою даного леміша зі змінним долотом являється те, що він дозволяє більш ефективно використовувати метал корпусу леміша з лезом. Так як, інтенсивність зносу носка значно перевищує інтенсивність зносу леза, за термін служби одного леза може бути встановлено два або більше доліт. Крім того, при згині або зламу носка, необхідно замінити один носок, а не весь леміш повністю. Недоліками його являються зниження технологічності при виготовленні за рахунок додаткової механічної обробки поверхонь з'єднання корпусу леміша та долота, а також необхідність зміни конструкції башмака і стойки серійного плугу. Трикутні леміші використовують на деяких спеціальних плугах, копачах картоплі, канавокопачах і розрихлювачах, коли треба створити великий тиск леза на відокремлений ґрунтовий пласт.

Оборотний леміш має форму паралелограма з ріжучими крайками на його протилежних сторонах та низку кріпильних отворів, розташованих на одній осі. Підставою для розрахунку робочих органів плугів та луцильників являється технічне завдання, у котрому надаються наступні вихідні дані:

а) опис технологічного процесу, що виконується робочими органами, і агротехнічні вимоги (переміщення пластів, граничні значення глибини обробки, ступінь рихлення, стійкість ходу); б) характеристика, тип і механічний склад ґрунту, рослинні покриття, потужність гумусного шару, вологість, питомий опір; в) тип трактору і плугу (за способом приєднання): причіпної, напівнавісної або навісної; д) експлуатаційні і економічні показники (продуктивність, металоємність, довговічність, експлуатаційні витрати); спеціальні вимоги (кліматичні умови, у яких працює плуг, комплектація).

Робота агрегатів зі спрацьованими лемішами призводить до перевитрати пального, особливо під час обробітку сухого ґрунту зі значною кількістю післяжнивних решток, що суттєво збільшують тяговий опір. Тому вже тривалий час шукають методи зміцнення робочих органів, або продовжити термін їх служби. Підвищення ресурсу робочих органів забезпечується, як правило, за наступними напрямками: 1) матеріалознавчому – за рахунок більш зносостійких та міцних матеріалів і методів зміцнення при виготовленні; 2) конструкційному – за рахунок надання деталям робочих органів такої геометрії, за якої значне зношування не утворює зміни службових та функціональних характеристик, тобто, забезпечення високої конструкційної зносостійкості; 3) технологічному – за рахунок створення на найбільш спрацьованих і обмежених ділянках деталей робочих органів умов тертя: «ґрунт – ґрунт» замість «ґрунт – метал» при загальному незначному підвищенні коефіцієнту тертя «ґрунт – робочий орган».

Закордонні виробники використовують спеціальні методи зміцнення робочої поверхні леміша (нанесення покриттів з порошків карбіду хрому,

наплавлення валиків з високоміцних сплавів, напайка металокерамічних пластин), і це забезпечує високу твердість леза леміша, і суттєво підвищує його довговічність. При розробці методів відновлення і поверхневого зміцнення перевага надається композитним наплавочним матеріалам на основі Ni, Cr, B, Si +WC. Досліджували також методи використання вкритих електродів, порошкових дротів, спеціальних сферичних порошків для лазерного наплавлення, електроіскрового нанесення покриттів.

Аналізуючи матеріали і технології, що використовуються для виготовлення лемішів, треба відмітити, що основним матеріалом для таких деталей являються залізобуглецеві сплави – сталь і чавун. Для підвищення їх зносостійкості і міцності здійснюють легування різними хімічними елементами. Високі ціни на високолеговані сталі і складні технології виготовлення лемішів, вимагають використання спеціального дорого вартісного обладнання, що є основою для пошуку та розробки нових технологічних рішень для виготовлення довговічних деталей машин. Розроблені конструкції ріжучих елементів ґрунтообробних машин, матеріали і технології їх зміцнення, що забезпечують підвищення довговічності за рахунок крапкового дугового зварення зносостійкого сплаву без наступної термічної обробки. [3].

Для фермерських господарств, як споживачів робочих органів сільськогосподарської техніки, найбільш дає перевагу методи самостійного їх відновлення та ремонту. Наприклад, технологія ручного дугового зварювання покритим електродом (SMAW) або ручне дугове зварення штучним металевим (плавким) електродом з покриттям MMA (Manual Metal Arc) та дугове зварювання порошковим дротом (FCAW) дозволяє багатократно збільшити терміни служби швидкозношуваних і важко навантажених деталей, позбавляє підприємство від закупівлі величезної кількості запасних частин, підвищує надійність і працездатність машин та механізмів.

Данні дослідження підтверджують ефективність використання наплавочних методів зміцнення деталей, що зменшують швидкість зношування загартованої поверхні у ділянці найбільшої інтенсивності тертя контактної частини ґрунту за рахунок нанесення покриттів здеформованої пружної дії.

Одним із перспективних методів підвищення зносостійкості плужних лемішів та інших робочих органів з утворенням ефекту самозагострювання являється крапкове дугове зварення зносостійкого твердого сплаву без наступної термічної обробки.

Список літератури

1. Денисенко М. І. Науково-технічні і технологічні рішення по створенню зносостійких робочих органів сільськогосподарської техніки. Міжнародна науково-практична конференція. Підвищення надійності машин і обладнання. 17-19 квітня 2019. м. Кропивницький. ЦНТУ. С. 101-104.
2. Лімонт А. С. Теоретичні основи забезпечення працездатності машин: навчальний посібник. Держ. агроеколог. ун-т. Житомир. 208. 420 с.

3. Денисенко М. І. Формування точкових зносостійких покриттів на деталях робочих органів ґрунтообробної техніки та кормоприготувального обладнання. Матеріали науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики. Тернопіль 29-30 вересня 2022. С. 118-120.

УДК 631.173.4.004.67

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

МОЛОДИК М. В. – ВИДАТНИЙ УЧЕНИЙ У ГАЛУЗІ РЕМОНТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

*Василенко М. О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Кононогов Ю. А.*

Буслаєв Д. О., кандидат технічних наук

Калінін О. Є., кандидат технічних наук

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України*

Видатному ученому в галузі ремонту сільськогосподарської техніки та відновлення деталей машин, доктору технічних наук, професору, члену-кореспонденту НААН Молодику Миколі Володимировичу цього року могло б виповнитися 80 років.

Народився майбутній професор 9 вересня 1943 р. у Золотоніському районі Черкаської області (с. Домантове), де й закінчив Дмитрівську середню школу в 1959 році.

У 1964 році здобув фах інженера-механіка сільського господарства на факультеті механізації сільського господарства Української сільськогосподарської академії.

Після проходження військової служби працював упродовж 1964–1980 рр. працював інженером, старшим інженером, завідувачем групи, а потім лабораторії Української філії ДержНДТІ.

З 1980 і до 2012 року працював заступником директора з наукової роботи спочатку Всесоюзного науково-дослідного інституту відновлення спрацьованих деталей машин, з 1992 р. – Інституту технічного сервісу Української академії аграрних наук, а з 1997 р. по 2012 р. – Інституту механізації та електрифікації сільського господарства Української академії аграрних наук.

Науковій роботі Микола Володимирович віддавав увесь час.

За результатами власних теоретичних та експериментальних досліджень ним у 1974 р. у Воронезькому сільськогосподарському інституті ім. К. Д. Глінки захищено кандидатську дисертацію на тему: «Дослідження факторів, що

впливають на довговічність транспортерних ланцюгів буряко- і кукурудзозбиральних комбайнів», а в 1996 р. у Національному аграрному університеті – докторську дисертацію на тему: «Методичні основи технологічної підготовки виробництв по відновленню деталей машин».

У дисертаціях та понад 250 наукових працях обґрунтовано:

- класифікацію та типізацію відновлюваних деталей, дефектів їх поверхонь;
- типові рішення для технології відновлення деталей, уніфікації засобів технологічного оснащення та формування системи технологічної підготовки різних типів виробництв;

- методичні принципи оцінки пристосованості до відновлення та формування номенклатури відновлюваних деталей для різних ланок ремонтних виробництв з вибором раціонального варіанта для кожного типу виробництва, оцінкою технічних, економічних та організаційних показників способів і технологій відновлення;

- методичні основи розробки ремонтних креслень і типових технологічних процесів відновлення деталей, формування системи засобів технологічного оснащення та інформаційну базу для автоматизованої розробки документації із застосуванням комп'ютерної техніки при технологічній підготовці виробництва.

Микола Володимирович брав безпосередню участь у впровадженні розроблених технологій ремонту сільськогосподарської техніки та відновленні деталей у ряді ремонтних підприємств Київської, Черкаської, Вінницької областей та зарубіжних країн (Литви, Німеччини, Польщі).

За видатні наукові здобутки його в 1999 р. обрано членом-кореспондентом УААН (нині – НААН) по відділенню землеробства, меліорації та механізації, у 2000 р. присвоєно учене звання професора, а в 2006 р. почесне звання «Заслужений працівник сільського господарства України».

Одним із проміжних результатів наукової діяльності видатного професора стала монографія «Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві» (2009 р.), де він на основі системного підходу обґрунтував наукові засади прогнозування інженерно-технічного забезпечення розвитку ремонтно-обслуговуючих виробництв та їх технологічної підготовки.

Так, зокрема, в основу сучасної технологічної підготовки ремонтно-обслуговуючих підприємств слід покласти управління технічним станом машин за результатами періодичного або безперервного діагностування (контролю) їх основних вузлів, агрегатів і систем. Реалізація цієї прогресивної стратегії технічного обслуговування і ремонту машин за технічним станом з періодичним або безперервним діагностуванням (контролем) дозволило скоротити простої машин за технічним станом на 30 %, витрати запасних частин – на 25 % і пально-мастильних матеріалів – на 10 %.

У монографії визначені перспективні напрями розвитку наукових досліджень щодо підвищення надійності сільськогосподарської техніки в процесі її експлуатації та ремонту.

Учений наголошував на потребі подальшого розвитку методичних розробок щодо визначення граничних і допустимих розмірів для складних сільськогосподарських машин; розширенні досліджень щодо напрямів підвищення надійності машин на етапах проектування, випробувань та при експлуатації; розвиткові досліджень стосовно детального аналізу напрямів підвищення надійності машин у процесі поточного та агрегатного ремонту і модернізації техніки.

На жаль, видатний учений передчасно помер внаслідок хвороби 15 січня 2012 р. За життя встиг підготувати 7 кандидатів наук (Стеценко Микола Єфимович, Полупанов Федір Петрович, Костащук Микола Іванович, Шаповал Леонід Іванович, Фастовець Павло Миколайович, Сماشнюк Олександр Васильович, Василенко Михайло Олександрович).

Наукова школа, започаткована Миколою Володимировичем Молодиком, продовжує справу справжнього лідера в галузі технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки та відновлення деталей машин.

УДК 631.312.021.3:631.316.02:631.33.024.2

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

***Василенко М. О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Буслаєв Д. О., кандидат технічних наук
Калінін О. Є., кандидат технічних наук
Кононогов Ю. А.***

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України*

Нові оригінальні технології рекомендуються для відновлення та зміцнення робочих органів вітчизняної та імпоротної ґрунтообробної техніки з ресурсом на рівні кращих зарубіжних фірм. Вартість відновлених робочих органів, зміцнених електроконтактним обробленням разом із додатковим точковим зміцненням в місцях найбільшого локального зношування, не перевищує 70 % від нових деталей зарубіжного виробництва.

Послідовність виконання основних технологічних операцій повинна бути наступною:

- дефектування (за критеріями, викладеними в розроблених в ІМА АПВ НААН технологічних процесах відновлення і зміцнення);
- обрізування зношених лезових частин деталей (в пристосуваннях за допомогою установки для плазмового різання металу);

- виготовлення ремонтних елементів (шириною 30-50 мм для лез та 60 мм для носків лемешів плугів, 25-60 мм для лез лап культиваторів, висотою 75-100 мм для зубів дисків важких борін);
- електроконтактне оброблення лезових частин елементів;
- приварювання елементів до остова;
- додаткове точкове електродугове наплавлення спеціальними зміцнюючими матеріалами;
- фарбування відновлених і зміцнених робочих органів.

Для зміцнення лезової частини робочих органів електроконтактним обробленням використовується розроблена в ІМА АПВ НААН оригінальна установка 01.10.016А (патент України на винахід № 97298), яку можна виготовити за наявною в інституті документацією.

Суть способу полягає в обробці за допомогою дугового процесу поверхні леза робочого органу диском-електродом, що обертається, в рідинному середовищі. При цьому на високовуглецевих сталях без витрат спеціальних зміцнюючих матеріалів отримуємо твердий шар товщиною від 1 до 4 мм. Твердість поверхонь робочих органів після зміцнення в межах від 58 HRC до 62 HRC. Такий робочий орган має достатньо високі показники зносостійкості і відповідає вимогам до самозагострення.

Продуктивність установки дозволяє обробляти за годину до 20 лемешів або 30-35 ремонтних елементів до лап культиваторів чи дисків важких борін.

Термін окупності капітальних витрат при програмі відновлення 50 комплектів робочих органів до плуга «Lemken», «Kverneland», «Rabewerk» і т.п. (леміш плуга, леміш передплужника, долото, польова дошка) становить близько одного року.

Економічний ефект від впровадження технологій при програмі відновлення 50 таких комплектів в рік становить близько 110 тис. грн.

УДК 338.236

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ПЕРСПЕКТИВНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

***Болтянський Б. В., кандидат технічних наук, доцент**
Болтянська Л. О., кандидат економічних наук, доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Внаслідок повномасштабної війни збитки в аграрному секторі України вже сягнули 6 мільярдів доларів, що становить майже 18% капіталу держави.

Найбільшу частину втрат фіксують через знищення чи пошкодження сільськогосподарських угідь, техніки та відсутність збору врожаю. Нині чітко визначити суму збитків аграрного сектору внаслідок бойових дій неможливо через їх продовження.

Попри масштабні руйнування сільськогосподарської інфраструктури, мінування наших полів та зниження обсягів виробництва с.-г. продукції, провідні експерти стверджують, що цій ключовій галузі навряд чи загрожує втрата статусу житниці Європи та світу.

Моніторинг функціонування інженерно-технічної системи свідчить про те, що оснащення підприємств агропромислового комплексу залишається нижчим за необхідний рівень і має тенденцію до подальшого зниження. Водночас парк машин поновлюється зарубіжними зразками техніки. Міжнародні донори прагнуть забезпечити так званий ефект «win-win» – таку форму співпраці, коли обидві сторони в роботі залишаються задоволеними. Залучають до своїх програм постачальників матеріальних ресурсів, підтримуючи обидві сторони.

Формування парку машин підприємств АПК відбувається різнопланово і різними зразками сільськогосподарської техніки, яка потребує реалізації нових форм організації технічного сервісу. Тому актуальним питанням сьогодні є зосередження уваги на розробці сучасних методів підтримки наявного парку машин в працездатному стані і ефективного використання нової техніки, тобто вдосконалення технічного сервісу і матеріально-технічного забезпечення підприємств АПК.

Організацію сервісних і ремонтних заходів неможливо проводити без ремонтно-обслуговуючої бази, яка являє собою сукупність служб і підприємств, що забезпечують весь обсяг робіт по підтримці парку машин в працездатному стані відповідно до існуючих нормативів. Важливість організації сервісного і технічного обслуговування парку машин на підприємствах АПК обумовлена ще і тим, що на даний час відбувається зниження темпів виробництва сільськогосподарських машин і, як наслідок, спостерігається зростання їх вартості, а це призводить до того, що багато господарств не в змозі придбати нову техніку і вимушені експлуатувати ту, що є у наявності, проводячи регулярні її ремонти [1].

Для успішної реалізації програми удосконалення системи технічного сервісу на підприємствах АПК необхідний новий підхід до її організації [2]. Виробнича база технічного сервісу повинна зазнати зміни на всіх рівнях.

У зв'язку з цим багатьма науковцями запропоновано нову форму організації технічного обслуговування і ремонту техніки підприємств АПК на основі створення дилерської служби, а також розроблено концепцію розвитку мережі машинно-тракторних станцій як структури, що найбільше сприяє науково-технічному прогресу в АПК [1, 2].

Проведені дослідження свідчать про необхідність і доцільність розробки цілого комплексу заходів, як по проведенню ремонтних робіт, так і по підтримці парку машин в працездатному стані, планування яких потребує чітко

влагодженої інформаційної системи. Основними функціями системи технічного сервісу підприємств АПК в сучасних умовах є: вивчення потреби і платоспроможного попиту сільських товаровиробників на машини і послуги; збір інформації про техніку, що випускається (маркетинг); постачання машин і механізмів (дилерські мережі); монтаж і налагодження реалізованої техніки; виконання технічного обслуговування і ремонту техніки, підтримка її в працездатному стані протягом всього терміну експлуатації; забезпечення ремонтно-технологічним устаткуванням, запасними частинами, обмінними агрегатами і матеріалами; забезпечення споживачів нормативно-технічною документацією; інформаційно-консультаційне забезпечення споживача з питань експлуатації машин; навчання персоналу експлуатаційників і ремонтників.

На даний час ремонтно-обслуговуюча база підприємств АПК використовується, в середньому, на 15-20% своєї потужності, тоді як потреба в ремонтних роботах постійно зростає. Це призвело до зниження технічної оснащеності сільського господарства на 40%, а отже й до зниження внутрішнього валового продукту АПК на 42%. У зв'язку з цим є нагальна необхідність вдосконалювати організацію та існуючі технології технічного сервісу [2].

Необхідно зазначити, що структура, яка здійснює забезпечення всім необхідним для проведення ремонту машин на підприємствах АПК, містить ряд фірм і організацій матеріально-технічного забезпечення які відрізняються між собою по видах пропонованих послуг, номенклатурі, обслуговуванні окремих категорій замовників і багатьох інших параметрів. Проте всіх їх об'єднує сфера діяльності, що полягає в обробці потоків інформації, яка надходить, як від нижчестоящих організацій (підприємств сервісу, ремонту), так і від підприємств, які безпосередньо займаються виробництвом запасних частин і агрегатів до сільськогосподарських машин і механізмів.

На сьогодні основний обсяг робіт по технічному обслуговування, ремонту та зберіганню сільськогосподарської техніки виконується її власниками. У зв'язку з цим навіть в дрібних господарствах необхідно створювати виробничу базу для дрібного ремонту, а складні види технічного обслуговування і ремонту необхідно проводити в ремонтних майстернях великих господарств і ремонтних підприємств [3].

Враховуючи викладене вище, нами пропонується наступна форма організації технічного сервісу підприємств АПК:

1. Районні сервісні підприємства можуть включати станції технічного обслуговування тракторів, автомобілів, комбайнів, майстерні загального призначення, технічні обмінні пункти тощо. Вони вивчають попит і пропозиції на техніку, забезпечують господарства запасними частинами і іншими матеріально-технічними засобами.

2. Обласні підприємства технічного сервісу продовжуватимуть виконувати функції спеціалізованих підприємств по ремонту машин і агрегатів, виконуючи при цьому багатомарочний знеособлений ремонт.

3. Фірмовий технічний сервіс проводиться заводом-виробником через центри сервісного обслуговування.

4. Регіональні центри технічного сервісу організовуються на базі обласних ремонтних сервісних підприємств. Зона діяльності таких центрів – область, частина області або декілька областей у складі України. Регіональний центр вивчає кон'юнктуру ринку; організує рекламу, продаж і доставку машин, запасних частин, матеріалів; координує діяльність сервісних підприємств і дилерів, а також виконує багато інших функцій.

5. Головний центр технічного сервісу – це торговельно-накопичувальне координуюче підприємство в системі заводу-виробника. Воно організує збут, технічне обслуговування і ремонт, вивчає кон'юнктуру ринку, складає прогнози і координує діяльність підприємств.

Для дотримання перерахованих положень виникає необхідність побудови повної структури управління системою технічного сервісу [3-6]. Через те, що в сучасних умовах для підвищення ефективності системи технічного сервісу особливо зростає роль і значення оперативного управління і інформаційного забезпечення, то пропонуємо в систему управління інженерною службою ввести інформаційний відділ, загальний для всього підприємства АПК, і ввести фахівця з інформатизації у відділі головного інженера. Це дозволить ефективно обробляти оперативну інформацію, особливо в пікові періоди (посівна, жнива тощо) і мати повну статистичну інформацію про стан МТП підприємств АПК, потребах в запасних частинах, здійсненні ремонтно-обслуговуючих робіт, а також багатьох інших аспектах, пов'язаних з ремонтно-технічними заходами на підприємствах АПК.

Отже, підсумовуючи, можна сказати що запропонована перспективна організація технічного сервісу на підприємствах АПК різного рівня, в якій враховується попит та пропозиції на техніку, особливо закордонну. Зазначено, що фірмовий технічний сервіс проводиться заводом-виробником через центри сервісного обслуговування, головним з яких є торговельно-накопичувальне координуюче підприємство в системі заводу-виробника.

Вказано, що схема технічного сервісу повинна базуватися на існуючій ремонтно-обслуговуючій базі, визначені основні напрямки, за яким здійснюється організація робіт. Сформульовані основні положення модернізованого технічного сервісу, а також зазначено необхідність побудови повної структури управління системою технічного сервісу. Доведено, що в сучасних умовах для підвищення ефективної системи технічного сервісу підприємств агропромислового комплексу зростає роль і значення оперативного управління і інформаційного забезпечення.

Список літератури

1. Болтянський Б. В., Скляр Р. В. Модель функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь. ТДАТУ. 2022. Вип. 12, том 3. №12. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-12.

2. Лівіцький О. М. Вдосконалення технічного сервісу автотракторної техніки в умовах агропромислового виробництва. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С. 189-197.

3. Болтянський Б. В., Скляр Р. В., Болтянська Л. О. Тенденції та форми сучасного сервісу фермської техніки. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв». Харків. ДБТУ. 2022. С. 206-208.

4. Kapłan M., Klimek K., Maj G., Zhuravel D., Bondar A. Lemeshchenko-Lagoda V., Boltianskyi B., Boltianska L., Syrotyuk H., Syrotyuk S. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies* 2022, 15, 1-29. <https://doi.org/10.3390/en15093416>.

5. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник. Київ. Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

6. Болтянський Б. В., Болтянська Л. О. Обґрунтування економічної доцільності технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». Київ. НУБіП. 2022.

УДК 631.362

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

RELIABILITY OF DIESEL FUEL SYSTEM WORKING ON VARIOUS TYPES OF FUEL

Dmytro Zhuravel, Dr. hab, Prof.,

Andrii Bondar, PhD

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

The diesel fuel system ensures the supply of purified diesel fuel to the cylinders, compresses it to high pressure, delivers it in a finely atomized form to the combustion chamber and mixes it with hot (700–900 °C) from compression in the cylinders (3–5 MPa) air so for it to self-ignite. After completion of the working stroke, it is necessary to clean the cylinders from combustion products [1].

There are two variants of the mixture formation process in diesel engines, due to the shape of the combustion chamber. In the first variant, the fuel is injected into the preliminary chamber (pre-chamber), and in the second variant, the fuel is injected directly into the combustion chamber made in the piston [2].

Engines made according to the first option are called diesel engines with a divided combustion chamber and are designated IDI (In Direct Injection), and those made according to the second option are called diesel engines with direct injection - DI

(Direct Injection). Diesels with a split combustion chamber run softer and make less noise. However, direct injection engines are increasingly used in cars because their fuel efficiency is about 20% higher [3].

The main functional task of the power supply systems of both types of engines is to supply the exact amount of fuel to the corresponding cylinder and at a precisely defined time.

The probability of trouble-free operation of the diesel fuel system is the product of the probabilities of the constituent elements of the system [4].

$$P_{cmn.}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

where $P_i(t)$ is the probability of failure-free operation of a diesel fuel system element.

Considering that functional failures can be both sudden and gradual (wear and tear), then

$$P_i(t) = P_i^*(t) \cdot P_i^{**}(t), \quad (2)$$

where $P_i^*(t)$ and $P_i^{**}(t)$ – the probability of failure-free operation due to the presence of sudden and gradual failures, respectively.

Thus, the value $P_i^*(t)$ gives a quantitative assessment of the reliability component in case of sudden failures, $P_i^{**}(t)$ – quantitatively characterizes the ability of the fuel supply system to maintain a given level of output coordinates within the tolerance field during operation

If $P_i^*(t)$ and $P_i^{**}(t)$ are considered dependent on random factors, then the methods for calculating the probability of failure-free operation can be carried out as follows:

$$P_i^*(t) = 1 - \int_0^t f_i^*(t) dt, \quad (3)$$

$$P_i^{**}(t) = 1 - \int_0^t f_i^{**}(t) dt, \quad (4)$$

where $f_i^*(t)$ and $f_i^{**}(t)$ – operating time distribution functions, respectively, to sudden and gradual failure.

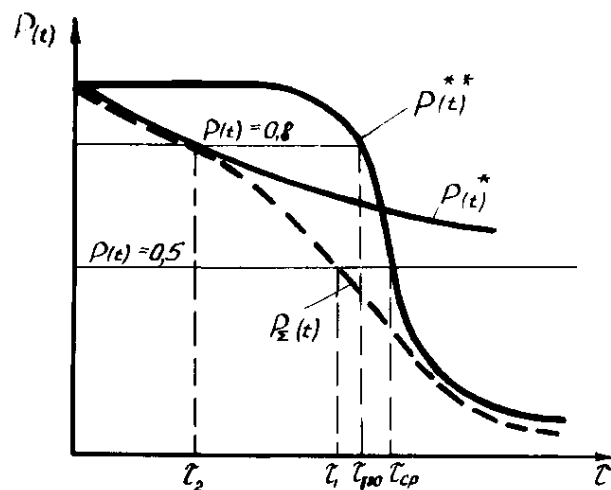


Fig. 1. Graphical model of functional reliability.

When distributed according to the normal law, the probability density is described by the expression:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{2\sigma^2} \right], \quad (5)$$

and the probability of failure-free operation is

$$P(t)_i = 1 - B_0 \int_0^t \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{g} \right] dt, \quad (6)$$

where $B_0 = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}}$; and $g = 2\sigma^2$.

If we change the variables for $\frac{t-t_0}{\sqrt{g}} = \frac{z}{\sqrt{2}}$, $dt = \sqrt{\frac{a}{2}} \cdot dz$, then we get a tabulated function suitable for practical calculations when determining the probability of failure-free operation of the fuel supply system:

$$P_i(t) = 1 - B_0 \sqrt{\pi g} \left[\Phi_2 \left(\frac{t-t_0}{\sqrt{g/2}} \right) + \Phi_1 \left(\frac{t_0}{\sqrt{g/2}} \right) \right]. \quad (7)$$

The exponential distribution is one-parameter and is characterized by a constant failure rate λ . With this distribution, the probability density of time between failures has the form:

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}, \quad (8)$$

and the probability of failure-free operation:

$$P_i(t) = 1 - \int_0^t \lambda \cdot e^{-\lambda t} dt. \quad (9)$$

Using the calculated formulas and having the laws of distribution of time between failures and their main parameters for individual elements, it is possible to assess and more reasonably normalize the probability of its failure-free operation even at the design stage of the fuel supply system.

If the fuel supply system is subject to the combined action of sudden failures obeying an exponential law (with the probability of failure-free operation $P^*(t)$ and gradual failures obeying the normal law (with the probability of failure-free operation $P^{**}(t)$), then the reliability function of such a hydraulic unit is determined by the expression:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \left\{ 1 - B_0 \sqrt{\pi g} \left[\Phi_2 \left(\frac{t-t_0}{\sqrt{g/2}} \right) + \Phi_1 \left(\frac{t_0}{\sqrt{g/2}} \right) \right] \right\} \quad (10)$$

Thus, in order to assess the parametric reliability of the elements of the fuel system of diesel engines operating on various types of fuel, it is necessary to detect and eliminate the “weak link” of the system in order to improve the reliability of the diesel fuel system as a whole.

References

1. Zhuravel D., Samoichuk K., Petrychenko S., Bondar A. Modeling of diesel engine fuel systems reliability when operating on biofuels. *Energies*. 2022. 15. 1795.
2. Kaplan M., Klimek K., Maj G., Zhuravel D. Method of evaluation of materials wear of cylinder-piston group of diesel engines in the biodiesel fuel environment. *Energies*. 2022. 15. P. 1–29.
3. Журавель Д. П. Оцінка надійності паливного насоса високого тиску дизельного двигуна при експлуатації на різних видах паливних. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. 2020. Вип. 10. Том 2. Мелітополь. 11 с.
4. Журавель Д. П. Моделювання працездатності машинно-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. Мелітополь. 2019. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 19. Т. 3. С. 57–68.

УДК 631.354.2

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ВІД ЙОГО КОЕФІЦІЄНТУ ГОТОВНОСТІ

Надточій О. В., кандидат технічних наук, доцент

Тітова Л. Л., кандидат технічних наук, доцент

Прокопенко Є. А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сьогодні в Україні в експлуатації знаходяться зернозбиральні комбайни (ЗК) усіх провідних виробників світу в кількостях більше 100 марок, моделей, модифікацій із різними термінами експлуатації від 1 до 30 років. Зокрема із далекого зарубіжжя приблизно 18000 одиниць. Із них близько 7700 виробництва фірми "Claas", 4700 фірми John Deere, 2300 фірми "AGCO", 2000 фірми "Case", і 1300 одиниць фірми New Holland [1]. Аналіз літературних джерел [2-4] і практичного досвіду експлуатації ЗК показує, що при прогнозуванні їх продуктивності із терміном експлуатації більше 5-7 сезонів не завжди враховується, зміна показників фізичної і параметричної надійності і вплив на зниження продуктивності, а якщо враховується, то в не раціональних межах.

Деградація технічних, технологічних показників та експлуатаційних характеристик комбайнів неминуха. Темпи зниження їх залежать не лише від окреслених чинників, а ще і від стартових показників технічного рівня через показники надійності – середнього значення наробітку на відмову, ремонтпридатності, довговічності до капітального ремонту, пристосованості до зберігання.

Зернозбиральний комбайн в конструктивному виразі складається із двох машин – енергетичного засобу і технологічного засобу – комбайна. На рух комбайна витрачається до 27% потужності двигуна, решта на холостий привід робочих органів комбайна і технологічний процес комбайнування. Наробіток між відмовами сучасних зарубіжних зернозбиральних комбайнів (імпортних) в межах 100-140 м.-год. Славутич в межах 25-30 м.-год., New Holland – в межах 45-55 м.-год, вітчизняного – в межах 25-30 м.-год. При синтезі результативних показників комбайнів основну увагу звертають на організаційні складові балансу часу зміну, як на найбільш зрозумілі з точки зору ефективного і допустимого напрямку підвищення ефективності їх використання.

Для комбайнів більш характерними є фізичні відмови порушення техніко – технологічних показників роботи експлуатаційних характеристик, які можуть впливати на складові баланси часу змін.

$$T_{зм} = T_{ч} + T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8 \quad (1)$$

де $T_{зм}$ – час зміни;

$T_{ч}$ – час чистої роботи комбайна з включеною молотаркою під навантаженням;

T_1 – час маневрів і поворотів після робочого ходу;

T_3 – час технологічного обслуговування (забивання і очистки робочих органів);

T_4 – час усунення технічних відмов;

T_5 – час на переобладнання комбайна в транспортне положення;

T_6 – час на переїзди;

T_7 – час на підготовку агрегату (планове ТО, отримання завдання);

T_8 – час на особисті потреби.

Коефіцієнт використання часу зміни після певного групування визначимо із виразу:

$$\tau = \frac{T_{ч}}{T_3} = \frac{1}{1 + \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8}{T_{зм}} + \frac{T_4}{T_{зм}}} \quad (2)$$

Середні значення $T_1, T_2, T_3, T_5, T_6, T_7, T_8$ можна визначити за даними, зібраними безпосередньо в господарствах хронометричними чи статистичними способами. Позначимо їх як $Z_0 = T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8$. Дана сума є показником організаційних складових і знаходиться в межах $Z_0 = 0,25...0,35$.

Вплив часу усунення технічних відмов на баланс часу зміни виразимо через відношення відновлення, який представляє собою відношення коефіцієнта

відновлення до коефіцієнта готовності $Z = \frac{K_B}{K_{\Gamma}} = \frac{1 - K_{\Gamma}}{K_{\Gamma}}$;

Або підставивши значення організаційних складових маємо:

$$\tau = \frac{1}{(0,25...0,35) + \frac{1}{K_{\Gamma}}} \quad (3)$$

Якщо наробіток комбайна Славутич, внаслідок терміну експлуатації знижується до 70 м.–год., то коефіцієнт готовності зменшується від стартового значення $K_T = 0,84$ до $0,58$, а відповідно за (4) коефіцієнт використання часу зміни знижується від $\tau_1 = 0,67$ до $\tau_1 = 0,50$ (34%).

На комбайни монтуються високофорсовані двигуни і з турбонаддувом і охолодженням для яких за показником параметричної відмови допустиме зниження потужності до 15–16% від номінального значення (приклад Славутич):

$$\Delta N_{eH} = N_{eH} \cdot (0,15...0,16) = 173 \cdot 0,15 \approx 25,95 = 26 \text{ кВт}$$

При визначенні балансу потужності для приводу агрегатів комбайна необхідно враховувати ймовірні значення зниження потужності двигуна, як наслідок зношування від термічних експлуатації і збільшення споживання потужності на привід агрегатів. Для зернозбиральних комбайнів робоча швидкість і продуктивність визначається із залежності [2]:

$$V_p = \frac{3,6(N_{eH} \cdot \xi - 2q_n)}{B_p \cdot U(1 + \delta_c) \cdot (N_{III} + N_{ПО}) + \frac{g \cdot Gka(f \pm \sin(\alpha))}{\eta_{тр}}} \cdot K_N \cdot K_{ккд} \cdot \tau \quad (4)$$

$$W_{\Gamma} = \frac{0,36 \cdot B_p \cdot (N_{eH} \cdot \xi - 2q_n)}{B_p \cdot U(1 + \delta_c) \cdot (N_{III} + N_{ПО}) + \frac{g \cdot Gka(f \pm \sin(\alpha))}{\eta_{тр}}} \cdot K_N \cdot K_{ккд} \cdot \tau \cdot K_{\Sigma} \quad (5)$$

де N_{eH} – номінальна потужність двигуна, кВт; ξ – коефіцієнт використання потужності; (0,9); q_n – розрахункове номінальне значення пропускної здатності МСП, (9,1 кг/с); B_p – ширина захвату жатки, м; U – урожайність, т/га, (4 т/га); δ_c – соломистість (1,5); $N_{ПО}$ – питома потужність на обмолот, (9,1 $\frac{\text{кВт} \cdot \text{кг}}{\text{с}}$);

N_{III} – питома потужність на подрібнення, (2,1 $\frac{\text{кВт} \cdot \text{кг}}{\text{с}}$); g – прискорення (9,8 м/с²); Gka – маса комбайнового агрегату, (16,8 тони); f – коефіцієнт перекошування, (0,12); ($\eta_{тр}$ – ККД трансмісії, 0,88; $\eta_b = 0,9$; $\eta_{гст} = 0,88$; $\eta_m = 0,9$; $\eta_k = 0,9$); τ – коефіцієнт використання часу зміни; K_N – коефіцієнт зниження потужності від загального зношування $K_N = 0,15 \cdot N_{eH}$; $K_{ккд}$ – ККД – коефіцієнт передачі трансмісії; K_{Σ} – добуток коефіцієнтів K_y – урожайності, K_e – умов експлуатації, K_a – агробіологічного стану хлібної маси та K_o – кваліфікації операторів.

За стандартних умов приймаємо $K_y = 1$; $K_e = 1$; $K_a = 1$; $K_o = 1$.

Наслідком загального зношування [2, 3, 4] із збільшенням терміну експлуатації ККД по всіх системах приводу комбайна зменшуються на 5% -(0,95) від номінального значення.

Сумарні ККД всіх систем як результат зношування, можна показати наступним виразом $K_{\text{ККД}} = \eta_{\Sigma} = \prod \eta_i \cdot \Delta \eta_i$:

$$\eta_{\Sigma} = (\eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{гст}} \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{к}}) \cdot \Delta \eta_i \cdot 0,95 = (0,9 \cdot 0,88 \cdot 0,9 \cdot 0,9) \cdot 0,64 \cdot 0,95 \approx 0,61$$

Зниження параметричної потужності цікаво і правильно розглядати для трьох граничних варіантів: 1 – двигун має номінальну потужність, енергоспоживачі комбайна технічно справні, технічний стан механізмів з номінальними параметрами; 2 – двигун граничного зношення, енергоспоживачі комбайна технічно справні, технічний стан механізмів з номінальними параметрами; 3 – двигун гранично зношений, енергоспоживачі комбайна зношені, технічний стан знижений ($t_{\text{в}} = 7$ м.-год);

Для варіанту 1 визначення робочої швидкості та годинної продуктивності (га/год.) використовуємо формули (4) і (5) (рис. 1).

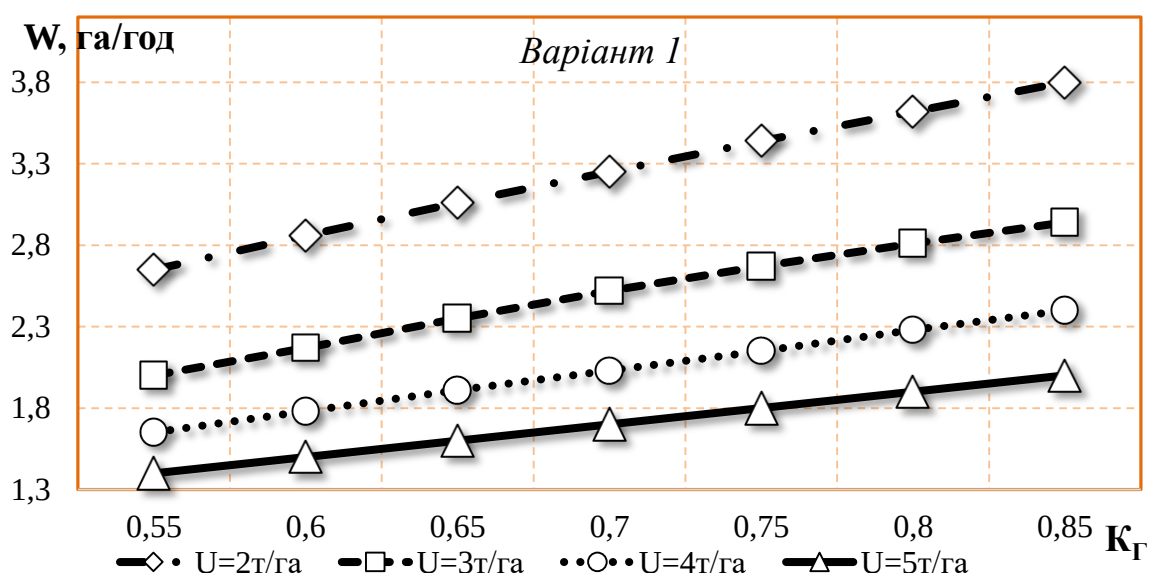


Рис. 1. Залежність годинної продуктивності від коефіцієнту.

Для варіанту 2 визначення робочої швидкості та годинної продуктивності (га/год.) визначаємо за формулами (7), (8). Основна відмінність це зменшення номінальної потужності на величину зношення 15% потужності:

$$V_p = \frac{3,6(N_{\text{еН}} - 0,15 \cdot N_{\text{еН}}) \cdot \xi - 2q_{\text{н}}}{B_p \cdot U(1 + \delta_c) \cdot (N_{\text{ПП}} + N_{\text{ПО}}) + \frac{g \cdot Gka(f \pm \sin(\alpha))}{\eta_{\text{тр}}}} \cdot K_N \cdot K_{\text{ККД}} \cdot \tau \quad (6)$$

$$W_{\text{Г}} = \frac{0,36 \cdot B_p \cdot [(N_{\text{еН}} - 0,15 \cdot N_{\text{еН}}) \cdot \xi - 2q_{\text{н}}]}{B_p \cdot U(1 + \delta_c) \cdot (N_{\text{ПП}} + N_{\text{ПО}}) + \frac{g \cdot Gka(f \pm \sin(\alpha))}{\eta_{\text{тр}}}} \cdot K_N \cdot K_{\text{ККД}} \cdot \tau \cdot K_{\Sigma} \quad (7)$$

Для варіанту 3 визначення робочої швидкості та годинної продуктивності (га/год.) залежності (6), (7) доповнюються зношенням вузлів і систем комбайну ($\eta_{\Sigma} = 0.61$):

$$V_p = \frac{3,6(N_{eH} - 0,15 \cdot N_{eH}) \cdot \xi - 2q_H}{\frac{B_p \cdot U(1 + \delta_c) \cdot (N_{III} + N_{IO}) \cdot \Delta N}{10} + \frac{g \cdot Gka(f \pm \sin(\alpha))}{\eta_{\Sigma} \cdot \eta_{TP}}} \cdot K_N \cdot K_{KCD} \cdot \tau \quad (8)$$

$$W_r = \frac{0,36 \cdot B_p \cdot [(N_{eH} - 0,15 \cdot N_{eH}) \cdot \xi - 2q_H]}{\frac{B_p \cdot U(1 + \delta_c) \cdot (N_{III} + N_{IO}) \cdot \Delta N}{10} + \frac{g \cdot Gka(f \pm \sin(\alpha))}{\eta_{\Sigma} \cdot \eta_{TP}}} \cdot K_N \cdot K_{KCD} \cdot \tau \cdot K_{\Sigma} \quad (9)$$

При визначенні показників ймовірної робочої швидкості, продуктивності за годину розрахункове значення пропускної здатності приймалося ($q_H = 9,1$ кг/с).

Розраховані варіанти I-III зміни годинної продуктивності (т/год, га/год) в залежності від коефіцієнту готовності для різної урожайності с.г. культури при незмінних інших параметрах (рис. 2).

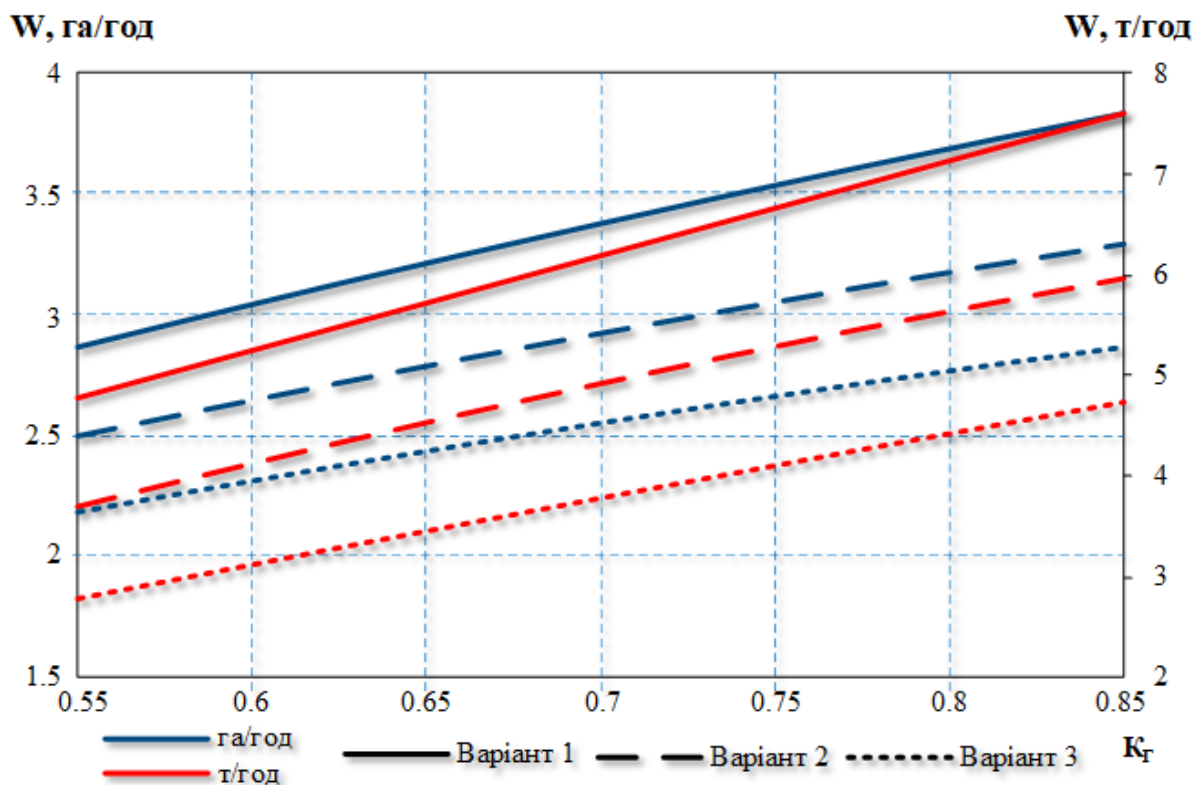


Рис. 2. Залежності годинної продуктивності ЗК Дон-1500Б для трьох варіантів технічного стану.

Отримані результати математичного моделювання свідчать загалом, що зміна коефіцієнту готовності в межах від 0,85 до 0,55 призводить до зменшення як робочої швидкості так і продуктивності максимум до 30,3%. Зміна

урожайності від 2 до 5 т/га призводить до зменшення продуктивності відповідно коефіцієнтів від 3,8 до 1,4 га/год, тобто приблизно в половину, на 48%.

Висновки: 1. Розрахунок за формулами (4), (5) (варіант I) показали значення зміни номінальної робочої швидкості $V_p = 4,81..1,71$ км/год, продуктивність $W_p = 2,91..1,07$ га/год. для відповідно $K_g = 0,85...0,55$ і $U = 2..5$ т/га. 2. При граничному зношуванні двигуна (6, 7) (варіант II) і знижені потужності на 15% продуктивність і робоча швидкість знижується на 16%, а продуктивність 15%. 3. При граничному зношуванні двигуна (8, 9) (варіант III), пасових, ланцюгових, механічних, гідравлічних передач, зниженні фізичних показників надійності робоча швидкість і продуктивність знижується на 48%.

Тобто для старих і зношених комбайнів ймовірна робоча швидкість знижується до 1,29 км/год, а продуктивність до 0,77 га/год (при $U=5$ т/га)- тобто до 3,88 т/год; При 8-ми годинах чистої роботи загальний виробіток складе 31 т/зміну. Комбайни до 3-4 років експлуатації здатні намолочувати до 80-100 тон за зміну. За умов зниження завантаження молотарки нижче розрахункового значення пропорційно буде знижуватися продуктивність комбайнів в показниках намолоту в тонах.

Список літератури

1. Надточій О. В. Моніторинг комбайнового ринку України. Науковий вісник НУБіП України. Київ. 2010. Вип. 144, ч 2, С 192-199.
2. Демко С. А. Визначення впливу агробіологічного стану хлібної маси на продуктивність зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2006. Вип. 95. Ч. 1. С. 78-86.
3. Дзюба Л. Основи надійності машин. Львів, «Логос», 2003. 201 с.
4. Надійність сільськогосподарської техніки: підручник. За заг. ред. М. І. Черновола. Кіровоград: ТОВ «КОД», 2010. 320 с.
5. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин: підручник. Київ. Либідь, 2003. 424 с.

УДК 621.436: 534.833.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ДИЗЕЛЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ВІБРАЦІЇ

Надточій О. В., кандидат технічних наук, доцент

Тітова Л. Л., кандидат технічних наук, доцент

Глибовець В. Р.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Основною складністю методу діагностування за параметрами вібрації є розподіл (виділення) сигналів, тобто виявлення потрібного віброакустичного

сигналу (ВАС) викликаного співударами деталей кінематичної пари. Віброакустичний метод дозволяє визначати несправності чи зазори в з'єднаннях на усіх стадіях їх виникнення від початкового до граничного стану. Надійність висновків, щодо стану механізмів та систем дизеля, може бути досягнуто використанням статистичної оцінки часових частотних фрагментів віброакустичних сигналів та їх відповідності частоті обертання колінчатого валу. Проведені дослідження, спрямовані на розробку методики діагностування механізмів і систем ДВЗ і полягають в аналізі віброакустичних сигналів, що формуються з'єднаннями ДВЗ в процесі роботи, як методу контролю технічного стану.

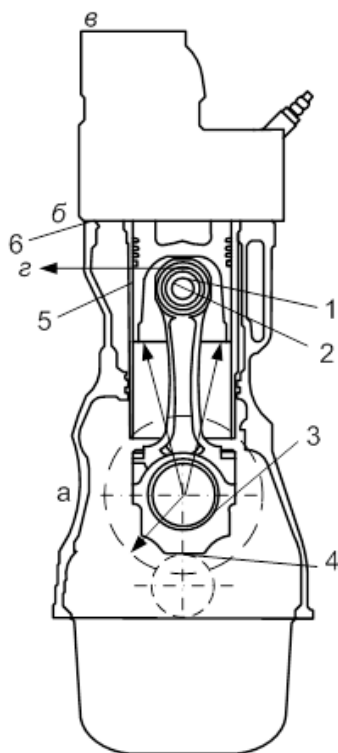


Рис. 1. Поширення інформації про зіткнення деталей в сполученні палець-поршень наприкінці такту випуску: 1 - джерело виникнення ударних коливань; 2 - перший етап поширення коливань (з'єднання палець - верхня головка шатуна); 3 - другий етап поширення коливань (з'єднання нижня головка шатуна - шатунна шийка колінчастого валу); 4 - третій етап поширення коливань (з'єднання корінна шийка колінчастого валу - блок); 5 - перший етап поширення коливань в іншому напрямку (з'єднання поршень - циліндр); 6 - опір на шляху поширення коливань (прокладка); а, б, в і г - зони раціонального зняття інформації.

Рухомі деталі дизеля в місцях контакту співударяються і генерують коливання та звуки. При цьому поверхня любых деталей не є абсолютно рівною і гладкою. Шорсткість поверхні деталі є однією з причин виникнення вібрацій при вузькому локальному контакті двох тертьових поверхонь, що взаємно переміщуються. Це може бути сухе тертя ковзання чи кочення, а також гідродинамічне тертя, для розділених шаром оливи тертьових поверхонь. Дана

причина є також джерелом перешкод у віброакустичному сигналі, від яких бажано позбутися за допомогою певних перетворень сигналу.

Вібрації корпусу ДВС мають складний характер (рис. 1), зумовлені багатоімпульсним збудженням і багатоканальним поширенням коливань, а також наявністю шкідливого «шуму». Загалом віброакустичне діагностування ДВЗ завжди пов'язане із складним завданням поділу та виділення сигналів саме від потрібного з'єднання, що діагностується [4].

Слід враховувати, що віброакустичний метод ускладнюється із збільшенням кількості циліндрів. Так, для двигуна СМД-31А (об'єкт дослідження), фазовий простір тільки від газорозподільного механізму (ГРМ) заповнюється імпульсами настільки щільно, що питання однозначного визначення технічного стану і-го з'єднання за одним параметром є досить сумнівним.

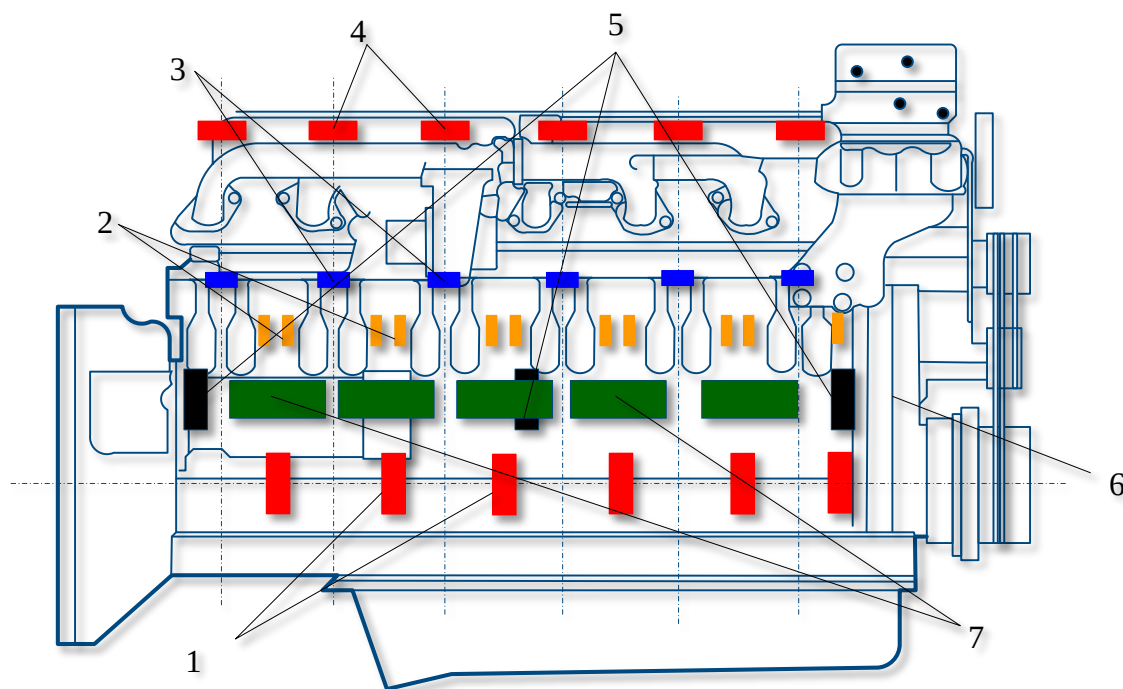


Рис. 2. Місця прослуховування сигналів у з'єднаннях двигуна: 1 - колінчастий вал - корінний підшипник; 2 - шатун - втулка; 3 - клапан - днище поршня; 4 - бойок коромисла - стержень клапана; 5 - розподільний вал - підшипник; 6 - розподільні шестерні; 7 - кулачок розподільного валу – штовхач

Аналіз літературних джерел [5] щодо розповсюдження сигналу по корпусу ДВЗ, сприяв визначенню з кількома параметрами встановлення датчика вібрації, а саме: місцем та способом закріплення. Розглядалися зокрема наступні способи кріплення – шпилька, клей та за допомогою спеціального притискного кріплення. Для генерації вібраційного сигналу, використовувався вібраційний датчик В&К Туре 4333 №272437. Віброперетворювач притискувався до різних зон моторної установки (рис. 2), та вибирався необхідний режим роботи двигуна. Запис сигналів на комп'ютер здійснювався після оцифровки з частотою

дискретизації 128 кГц. В подальшому всі цифрові сигнали підлягали наступному аналізу та обробітці. Одночасно зі зняттям параметрів вібрації в частотному спектрі фіксувалося положення поршня першого циліндра відносно в.м.т., за допомогою оптичного датчика.

Для дизеля, як і для будь якого ДВЗ робота характерна тим, що робочі процеси у циліндрах проходять у різні моменти часу. Для виділення коливального процесу, пов'язаного з роботою окремого циліндра, чи окремого елементу одного циліндра, використовували часову селекцію (за кутом (фазою) повороту колінчастого валу). Характерними особливостями коливальних процесів ДВЗ є: – імпульсний характер виникнення; – миттєва швидкість наростання тиску в камері згорання; – перекладкою поршнів; – процеси впорскування палива; – випуск відпрацьованих газів, тощо.

При зношуванні двигуна змінюються, наприклад момент впорскування палива, порушення у роботі газорозподільного механізму, зносу поршневих кілець, збільшення зазору між поршнем і гільзою пов'язані з роботою цих механізмів імпульси зміщуються по фазі, змінюється їх амплітуда і тривалість, з'являються взагалі нові імпульси. Для двигунів із кількістю циліндрів більше 4 співпадіння в часі (накладання) сигналів, та невірноваженість деталей під час обертання призводять до появи в спектрі сигналу частот кратних частоті обертання. Тому виділення корисного сигналу при діагностуванні певного вузла пов'язане з певними труднощами. Їх можливо зменшити, збільшенням кількості каналів вимірювання.

З одного боку забезпечення кожного із з'єднань власним вібродатчиком, дозволить розвести сигнали у часі, за рахунок затухання сигналу при віддалені від джерела колювання. Однак цей підхід сприяє значним матеріальним витратам. Кращим підходом є використання одного чи двох датчиків та розробка надійного алгоритму обробітці сигналу для однозначної ідентифікації джерела колювання. В цьому відношенні перспективним і ефективним способом технічної діагностики двигуна прийнято вважати часову реалізацію (рис.3) та частотний аналіз.

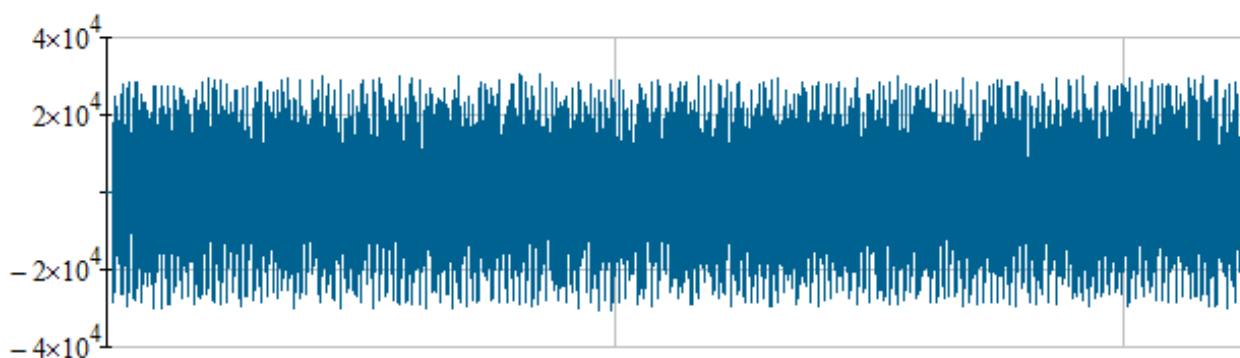


Рис. 3. Вібросигнал прискорення двигуна (зона 2, рис.2)

Для виділення корисної складової з вібраційного сигналу використовують різні методи локалізації: тимчасової (виділення сигналу в часі, наприклад в циклі

роботи двигуна), частотної, амплітудної селекції, перерозподіл навантаження на механізм, що перевіряють з метою підвищення рівня корисного сигналу і зниження перешкод від інших механізмів.

Дійсно, в спектрі сигналу, отриманий з будь-якої точки двигуна, міститься інформація про всі джерела вібрації. Однак наявність попередньо розглянутих характеристик сигналів двигуна значно ускладнює аналіз і їх однозначну ідентифікацію. Пошук рішення в цьому напрямі пов'язаний з покращенням відношення сигнал/шум і вдосконаленням алгоритму інтерпретації отриманих сигналів на основі їх обробітку.

Отримання спектра віброакустичного сигналу здійснюють через швидке перетворення Фур'є. Перетворення Фур'є, є зміною функції, яка перетворює її у сукупність частотних складових. В основі перетворення Фур'є (ПФ) лежить проста, але виключно корисна ідея – майже будь-яку періодичну функцію можна замінити сумою окремих гармонійних складових (синусоїд і косинусоїд з різними амплітудами A , періодами T і відповідно частотами ω). Математичний зміст перетворення Фур'є полягає у поданні сигналу $y(x)$ у вигляді нескінченної суми синусоїд виду $F(\omega) \cdot \sin(\omega x)$. Функції $F(\omega)$ називається прямим перетворенням (інтегралом) Фур'є.

$$F := \text{fft}(M^{(0)})$$

$$\text{Мінімальна частота і крок по частоті} \quad d\Omega := \frac{1}{x_{\max}} \quad d\Omega = 6.104 \times 10^{-5}$$

$$\text{Кількість ординат по частотах} \quad m := 1 + 2^{k-1} \quad m = 8.193 \times 10^3$$

$$\text{Поточна частота} \quad \Omega_j := (j+1) \cdot \frac{1}{x_{\max}} \quad \text{Максимальна частота} \quad \Omega_{\max} := m \cdot d\Omega \quad \Omega_{\max} = 0.5$$

$$\Omega_0 = 6.104 \times 10^{-5} \quad F_0 = -1.015 \times 10^4 \quad \Omega_m = 0.5 \quad F_{1024} = -5.363 \times 10^3 + 1.025i \times 10^4$$

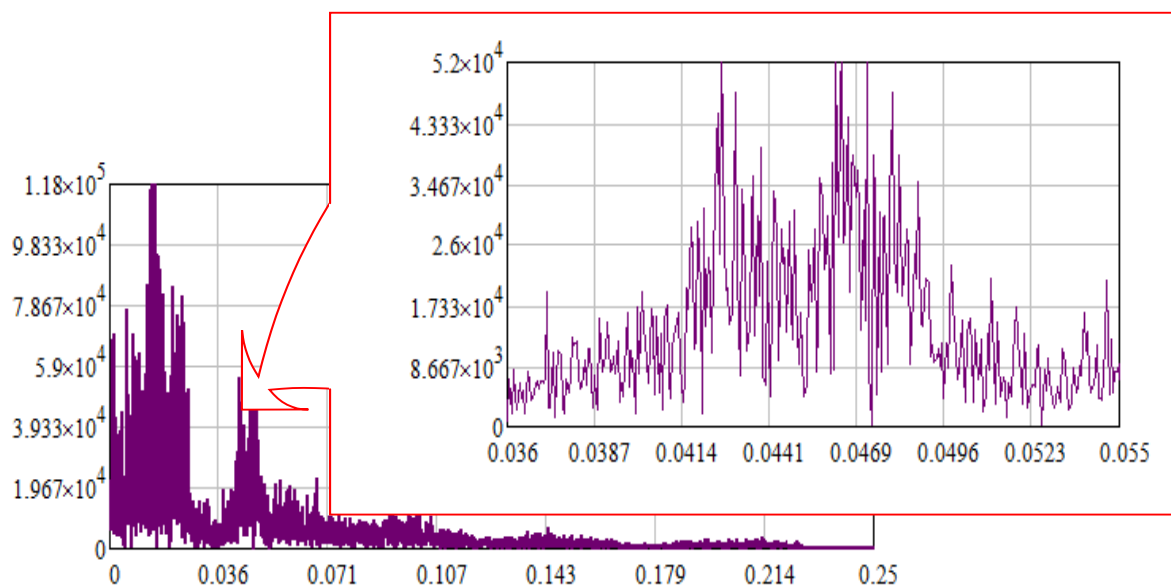


Рис. 4. Лістинг отримання спектру віброакустичного сигналу

Обернена операція перетворює спектр $F(\omega)$ у вихідний сигнал $y(x)$. В лістингу Mathcad (рис.4) приведено отримання спектру відбросигналу (рис. 3) за допомогою швидкого перетворення Фур'є.

При цьому використовуються залежності вхідної послідовності $\{g_n\}$ $n=0, \dots, N-1$ є:

(пряме перетворення)

$$G(k) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=0}^{N-1} g(n) \cdot e^{-j \cdot \frac{2\pi kn}{N}}, \quad (1)$$

(обернене перетворення)

$$g(k) = \sum_{n=0}^{N-1} G(k) \cdot e^{-j \cdot \frac{2\pi kn}{N}}. \quad (2)$$

Процедурою розрахунку для дискретного перетворення Фур'є є алгоритм швидкого перетворення Фур'є (ШПФ).

Метою спектрального аналізу є оцінка наступних характеристик:

– амплітудного спектру, спектру потужності, спектральної щільності потужності, комплексного спектру;

– функції когерентності, когерентної вихідної потужності, відношення “сигнал-перешкода”.

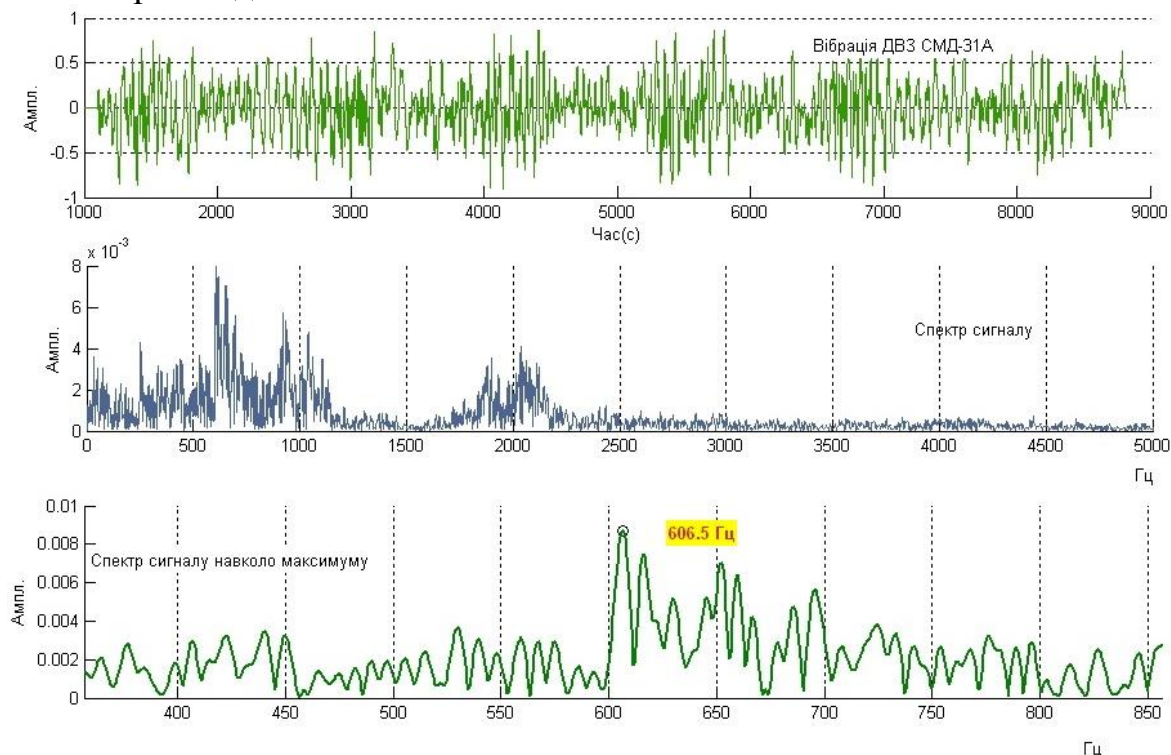


Рис. 5. Нормований спектр відбросигналу і частота його максимуму.

Для розробки в подальшому адаптивної моделі обробітку і аналізу вібросигналу був використаний математичний пакет PTC Mathcad Prime 6.0 та Matlab R2019b. Дана програма містить пакет обробітку сигналів. Для швидкого

перетворення Фур'є в системі PTC Mathcad Prime 6.0 реалізовано декілька вмонтованих функцій, які різняться нормуванням, а саме $\text{fft}(y)$ та $\text{FFT}(y)$. Результати розрахунку відображаються у вигляді модуля Фур'є-спектра, оскільки сам спектр є комплексним. Для розрахунку оберненого Фур'є перетворення (відновлення сигналу по дійсному спектру) використовуємо функції $\text{ifft}(y)$ та $\text{IFFT}(y)$.

На лістингу (рис. 5) за допомогою пакету Matlab було розраховано нормалізований спектр вібросигналу та знайдена частоту максимуму корисного сигналу.

Висновки. Аналіз отриманих віброакустичних сигналів в частотній області та наступне точне відновлення після певного перетворення дозволив віднайти декілька недоліків розкладу в ряд Фур'є, що й привели до потреби у віконному перетворенню Фур'є та спонукають до розвитку вейвлетного перетворення, як альтернативи перетворенню Фур'є.

Зокрема:

- обмежена інформативність нестационарних сигналів та неможливість аналізу їх сингулярностей, так як в частотній області проходить «розмазування» сигналів на всьому частотному діапазоні;
- гармонійні базисні функції не дозволяють аналізувати зміну сигналів за типом прямокутного імпульсу;
- перетворення Фур'є дає розуміння частоти вібросигналу і не дає інформації про часткові властивості сигналу при зміні їх спектрального складу.

Використання методу прямого і оберненого перетворення Фур'є може використовуватися для нівелювання відношення сигнал/шум та включення в алгоритм обробки вібросигналу для підвищення точності діагнозу стану з'єднання.

Список літератури

1. Рибальченко М. О., Єгоров О. П., Зворикін В. Б. Цифрова обробка сигналів: навчальний посібник. Дніпро: НМетАУ, 2018. 79 с.
2. Е. Нільсен. Практичний аналіз часових рядів: прогнозування зі статистикою і машинне навчання. Київ. Диалектика-Вільямс, 2021. 544 с.
3. Тітова Л. Л., Надточій О. В., Роговський І. Л. Віброакустичне діагностування циліндро-поршневої групи двигунів машин для лісотехнічних робіт : монографія. Київ. АграрМедіаГруп. 2018. 408 с.
4. Надточій О. В. Аналіз математичної моделі перекладки поршня в зазорі циліндро-поршневої групи. Механізація сільськогосподарського виробництва. Зб. наук. пр. НАУ. Київ. 1998. Том IV. С. 122-125.
5. Leclerc Q., Pruvost L., Parizet E. Angular and temporal determinism of rotating machine signals: The diesel engine case, Mechanical Systems and Signal Processing. 2010. 24. 2012-2020.

УДК 625.7.08

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

РЕЖИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РЕСУРС ДИЗЕЛІВ*Надточій О. В., кандидат технічних наук, доцент**Тітова Л. Л., кандидат технічних наук, доцент**Національний університет біоресурсів і природокористування України*

Довговічність двигунів внутрішнього згоряння визначається моторесурс, який встановлюють за терміном служби найбільш відповідальних деталей і вузлів, що піддаються в умовах експлуатації процесу нормального механічного стирання. Зносостійкість деталей дизелів залежить: від конструктивних факторів – якості матеріалу, мастила та палива, приділяючи тиску в зоні тертя, швидкості відносного переміщення: деталей; від експлуатаційних факторів – температурного і швидкісного режимів роботи дизеля, частоти і якості фільтрації масла, повітря і палива.

Лінійна величина зносу циліндрових втулок і поршневих кілець D приймається пропорційної середньому умовному тиску тертя $P_{тр}$ і тепло напруженості q відповідних деталей:

$$\Delta = K_{тр} P_{тр} q n \tau \quad (1)$$

де $K_{тр}$ – коефіцієнт пропорційності зношування; n – швидкість обертання валу дизеля, хв^{-1} ; τ – час роботи.

Пропозиція про лінійну залежність труться деталей дизеля від теплового потоку справедливо лише для підвищеного теплового стану.

Замінімо тепловий потік q , що входить в залежність (1) виразом:

$$q = \beta_v (t_{ст} - t_v) \quad (2)$$

де $t_{ст}$, t_v – температура охолоджуючої рідини і внутрішньої поверхні стінки циліндра; $^{\circ}\text{C}$; β_v – коефіцієнт тепловіддачі від стінки до охолоджувальної води, $\text{ккал}/\text{м}^2$.

Тоді матимемо лінійну залежність зносу деталей, що труться від їх температурного стану, яка характерна лише для неробочої зони температур стінки циліндра. На рис. 1 пиведена експериментальна крива зносу гільзи від температури охолоджуючої рідини.

Випробуваннями встановлено, що збільшення температури внутрішньої поверхні стінки циліндра двигуна знаходиться в лінійній залежності від збільшення температури охолоджуючої рідини. Тому наведену криву зносу так само можна уявити як функцію температури деталей, що труться. З графіка видно, що вона аналогічна в'язкісно-температурній кривій мастил.

Олива, що покриває дзеркало циліндра нагрівається до температури стінки. Температура корінних і шатунних шийок колінчастого валу залежить від температури оливи. Звідси очевидний вплив на знос колінчастого валу і

циліндрів двигуна теплового режиму його роботи, що визначається температурою охолоджуючої рідини і оливи.

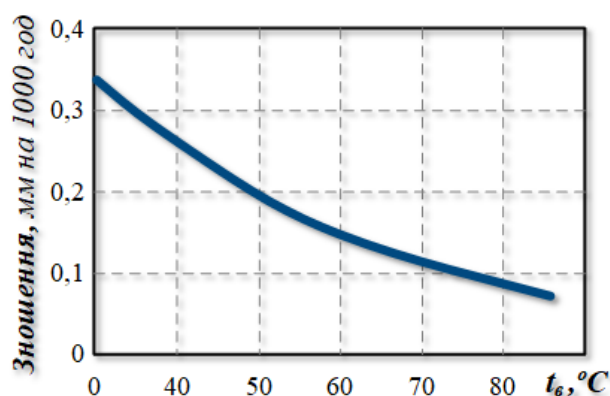


Рис. 1. Залежність зносу гільзи циліндра від температури охолоджуючої рідини.

З підвищенням температури охолоджуючої рідини і, отже, змашувального шару на дзеркалі циліндра, зменшується в'язкість оливи. Це призводить до зниження сили тертя і підвищення механічного ККД. Одночасно скорочується конденсація парів сірчаної кислоти на стінках циліндра і знос останніх.

Однак зменшення зносу стінок циліндра при підвищенні температури рідини обмежується можливістю порушення при високих температурах стінок $t_{\text{ст}} \geq 160 \div 180^\circ\text{C}$ цілісності масляної плівки на дзеркалі циліндра, сильного окислення масла і зменшення радіального зазору між поршнем і дзеркалом циліндра.

Внаслідок цього підвищення температури охолоджуючої рідини для кожного двигуна і застосовуваних сортів олив має свою межу, яка коливається у існуючих конструкцій дизелів в інтервалі $110\text{--}120^\circ\text{C}$.

В реальних умовах роботи підшипників ковзання і особливо поршнів дизеля спостерігається режим напів рідинного тертя. Масляний шар порушується зміною тиску і напрямком руху. При розриві масляної плівки відбувається підвищений знос сполученої пари, що треться. Збільшення зносу деталей, що труться супроводжується пропорційним зростанням роботи сил тертя. З огляду на це, можна записати:

$$\Delta = k_{\text{тр}} \tau_{\text{тр}} \quad (3)$$

де $\tau_{\text{тр}}$ – питома робота сил тертя.

При цьому припускають, що деталі двигуна, які труться, піддаються нормальному процесу абразивного зношування, а зміна геометричних форм тертьових пар не впливає на інтенсифікацію зносу.

Викладена концепція повністю узгоджується з поширеним енергетичним критерієм зносу, що представляє відношення обсягу продуктів стирання до роботи сил тертя, а також до закону зношування:

$$\Delta(l) = k_{\text{тр}} S_{\text{тр}} f(l),$$

де $k_{\text{тр}}$, $f(l)$ – коефіцієнт тертя і рівняння епюри питомих тисків; $S_{\text{тр}}$ – шлях тертя.

Кількісною мірою зносу деталей, що труться служить вага продукту абразивного зносу або лінійна величина механічного стирання деталей. Опосередкованою мірою величини зносу в одиницю часу δ може служити питома робота сил тертя в двигуні:

$$\delta = \frac{\Delta}{\tau} = \frac{k_{\text{тр}}}{m_{\text{ц}} F_{\text{п}}} N_{\text{тр}}, \quad (4)$$

де $m_{\text{ц}}$ – кількість циліндрів; $F_{\text{п}}$ – площа поршня.

При гранично допустимому спрацюванню в експлуатації в шийках колінчастого валу і гільзах циліндрів моторесурс дизеля складе:

$$M = \tau_{\text{max}} = \frac{\Delta_{\text{пр}} m_{\text{ц}} F_{\text{п}}}{k_{\text{тр}} N_{\text{тр}}}, \quad (5)$$

Замінімо у (5) відомим виразом $N_{\text{тр}}$

$$N_{\text{тр}} = \frac{m_{\text{ц}} v_h}{4500 i} n P_{\text{тр}}, \quad (6)$$

отримаємо:

$$M = 150 \frac{\Delta_{\text{пр}}}{k_{\text{тр}} C_{\text{м}} P_{\text{тр}}}, \quad (7)$$

де i – тактність; $C_{\text{м}}$ – середня швидкість поршня, м/с; $P_{\text{тр}}$ – середнє умовний тиск тертя.

Змінний співмножник з питомих параметрів:

$$k_{\text{м}} = \frac{1}{C_{\text{м}} P_{\text{тр}}} \quad (8)$$

можна сприймати як комплексний критерій довговічності двигунів при порівняльній оцінці їх на зношування.

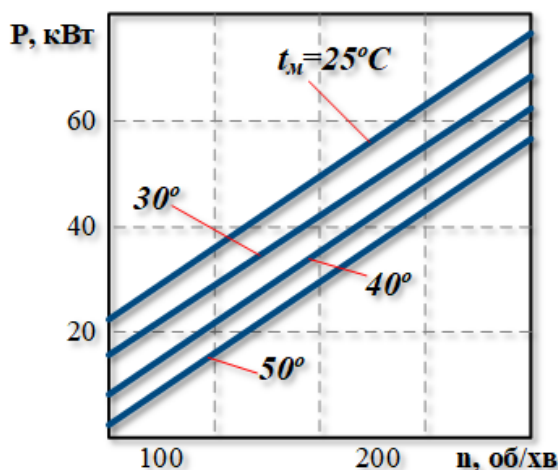


Рис. 2. Втрати механічної енергії на тертя в залежності від швидкості обертання валу дизеля при різних температурах оливи (Д-50М)

Потужність механічних втрат на тертя можна представити у вигляді:

$$N_{\text{тр}} = \frac{M \omega}{75} = \frac{\pi}{75 \cdot 30} M_c n, \quad (9)$$

де M_c – момент опору двигуна, Н·м; ω – кутова швидкість обертання валу дизеля, рад/с.

Момент опору прокручування валу двигуна наближено виражається відомою емпіричною залежністю:

$$M_c = k_c \sqrt{n\eta}, \quad (10)$$

де η – параметр абсолютної в'язкості оливи, Н· $\frac{с}{м^2}$; k_c – постійний коефіцієнт, що залежить від конструктивних особливостей двигуна. Тоді:

$$N_{тр} = \frac{k_c \pi}{75 \cdot 30} n^{1.5} \eta^{0.5}, \quad (11)$$

Отримано залежності втрат механічної енергії на тертя в залежності від температури дизельної оливи і швидкості обертання валу дизеля Д-50М (рис. 2). Підставивши вираз (11) в (5), отримаємо ще одну функцію визначення моторесурсу двигуна:

$$M = \frac{\Delta_{пр} m_{ц} F_{п}}{k_{тр} k_c} \frac{1}{h^{1.5} \eta^{0.5}}, \quad (12)$$

На відміну від функції (7), що представляє залежність моторесурсу двигуна від конструктивних параметрів, ця формула відбиває залежність довговічності дизеля від режимів експлуатації.

Для визначення зносостійкості найважливіших деталей тертя дизеля накладеним енергетичним методом у формулі (3) замінимо вираз питомої роботи сил тертя:

$$\tau_{тр} = \mu P v t, \quad (13)$$

де μ – коефіцієнт тертя ковзання; P – нормальний питомий тиск; v – відносна швидкість ковзання.

Тоді

$$\mu = \tau_{max} = \frac{\Delta_{тр}}{k_{тр} \mu P v}, \quad (14)$$

Добуток Pv прийнято вважати мірою зносу деталей, які труться. Для забезпечення їх довговічності він не повинен перевищувати норм, вироблених практикою.

При визначенні моторесурсу двигуна по відповідальним деталям і вузлах, що обмежує термін його служби і мають правомірне зношення, представляє інтерес лише найбільша величина їх місцевих зносів. Максимальний місцевий знос гільзи циліндра, яка знаходиться в зоні камери згоряння, від тертя перших поршневих кілець, а у колінчастого валу – у внутрішній утворюючій шийці (між щокми).

Умови роботи сил тертя в цих зонах і повинні прийматися при практичних розрахунках. Відповідно до цього найбільш точне значення терміну служби двигуна може бути отримано за вихідним виразом (14) з прийняттям місцевих значень коефіцієнта тертя, швидкості ковзання та нормальних тисків, створюваних тиском робочих газів на поршень і силами інерції рушійного механізму.

Питому силу тертя μP стосовно до деталей двигуна внутрішнього згорання, що труться, висловимо через постійний по кутову швидкість кривошипа середній за цикл тиск тертя

$$\mu_i P_i = \beta_i \frac{P_{тр}}{i} \frac{F_{п}}{F_{трп}},$$

де $F_{п}$ – площа поршня; $F_{трп}$ – площа розглянутої поверхні тертя в дизелі.

Робота сил тертя розподіляється в дизелі на тертя: в циліндрах (циліндричних втулках $\beta_{ц} = 0,55 \div 0,65$, в шийках колінчастого валу $\beta_{в} = 0,35 \div 0,45$ і в розподільному механізмі до насосів усіх систем $\beta_{пр} = 0,03 \div 0,05$).

Площа проекції поверхні корінної шийки колінчастого валу $F_{три} = F_{в} = d_{в} l_{в}$ а окружна швидкість її ковзання

$$v_{в} = \frac{\pi d_{в} C_T}{2S},$$

де $d_{в}$ і $l_{в}$ – діаметр і довжина шийки.

Знехтуючи тертям поршня об стінки циліндра, площу тертя визначимо по поверхні зіткнення кільця з гільзою: $F_{три} = \pi D h_k m_k$,

де h_k – робоча ширина поршневого кільця; m_k – кількість кільць на поршні.

Враховуючи приведені залежності отримаємо наступний вираз моторесурсу двигуна за зношенням корінних шийок колінчастого валу

$$M = \frac{2\lambda l_{в} \Delta_{впр}}{\pi^2 K_{тр} \beta_{в} D} \cdot \frac{i}{P_{тр} C_{ст}}, \quad (15)$$

і циліндрових втулок

$$M = \frac{m_k h_k \Delta_{цпр}}{K_{тр} \beta_{в} D} \cdot \frac{i}{P_{тр} C_{ст}}, \quad (16)$$

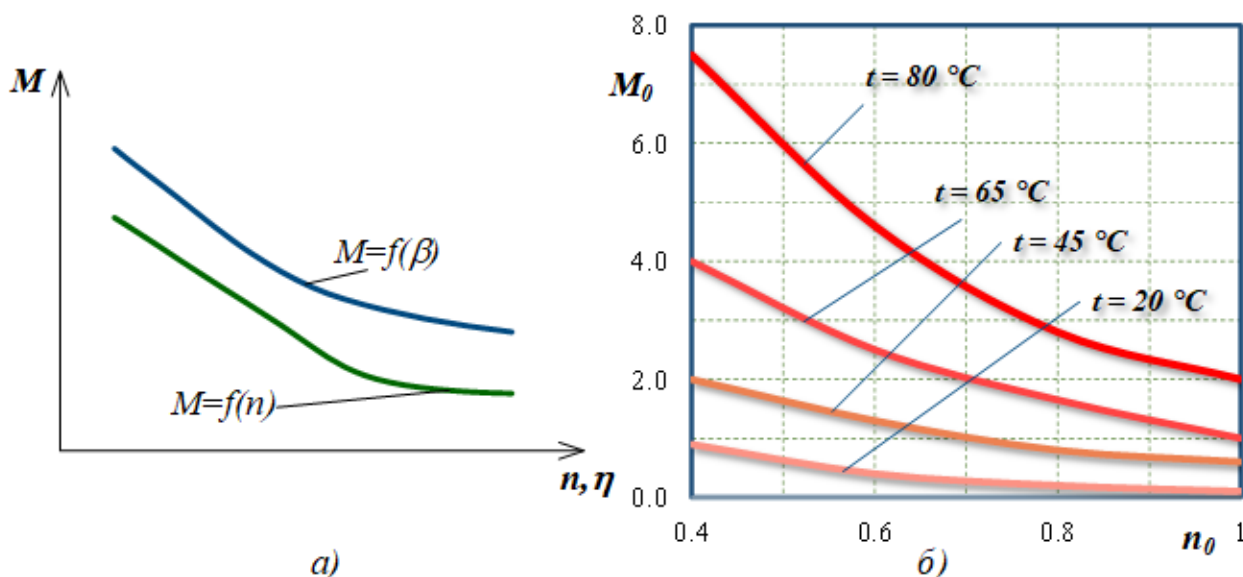


Рис. 3. Криві довговічності дизеля залежно від швидкості обертання валу (а) і абсолютної в'язкості дизельної оливи (б).

Із формул (11) та (12) видно. Що робота сил тертя, а відповідно і моторесурс двигуна визначаються швидкісним і температурними режимами. На рис. 3 а, б побудовані за (12) криві довговічності дизеля залежно від швидкості обертання валу та абсолютної в'язкості дизельної оливи.

Отримані вирази свідчать, що моторесурс двигуна при змінних режимах роботи не залежать від навантаження. Величина середнього тиску тертя, що входить до окремих виразів, не залежить від навантаження і визначається такими ж параметрами, що і момент опору. Звідси, режими холостого і навантаженого ходу при однакових h і η впливають на довговічність двигуна приблизно однаково. Таким чином, моторесурс дизеля не залежить від наступних основних факторів: ступеню форсування, діаметра циліндра, числа обертів колінчатого валу, жорсткості конструкції, а також питомих тисків між парами тертя, що опосередковано може бути оцінено питомою вагою двигуна. Значний вплив на моторесурс надає сорт палива і оливи та режими роботи, тощо.

Визначимо тепер залежність моторесурсу дизеля за допомогою теорії множинної кореляції від параметрів: $\frac{P_z}{P_e}$ – показника ступеню форсування; $g_{\text{диз}}$ – питома вага дизеля (кг/к.с); D – діаметр циліндра (см); n – число обертів (хв^{-1}). Залежність моторесурсу від кожного із наведених аргументів на початку встановлювалися методом парної кореляції, а потім було отримано рівняння множинної кореляції, яке враховує сумісний вплив усіх параметрів на довговічність дизеля.

При вивченні кореляційної залежності моторесурсу дизеля від чотирьох факторів обмежились найбільш простим і важливим для практичних розрахунків випадком прямолінійної кореляції, що описується рівнянням в загальному випадку

$$M = b_1 + b_2 D + b_3 n + b_4 \frac{P_z}{P_e} + b_5 g_{\text{диз}} \quad (17)$$

Визначивши коефіцієнти кореляції і використовуючи отримані коефіцієнти парної кореляції, знайдемо числові значення стандартизованих коефіцієнтів. Підставивши значення цих коефіцієнтів у стандартизоване рівняння:

$$M - \bar{M} = \beta_3 (D - \bar{D}) \frac{\sigma_M}{\sigma_D} + \beta_2 (n - \bar{n}) \frac{\sigma_M}{\sigma_D} + \beta_4 (k - \bar{k}) \frac{\sigma_M}{\sigma_D} + \beta_5 (g_{\text{диз}} - \bar{g}_{\text{диз}}) \frac{\sigma_M}{\sigma_D} \quad (18)$$

Отримаємо рівняння множинної кореляції, яке характеризує залежність моторесурсу дизеля від діаметру циліндра, обертів, форсажу та питомої маси:

$$M = 5150 + 637D + 6,8n + 275 \frac{P_z}{P_e} + 529g_{\text{диз}} \quad (19)$$

Висновки. Отриману для розрахунку моторесурсу залежність (19) можна використовувати для визначення довговічності дизеля. Дана формула (19) справедлива для номінального режиму роботи дизеля. Знаючи середнє значення форсажу, питому масу дизеля та діаметр циліндра при експлуатації у відповідних кліматичних зонах і при конкретних режимах роботи дизеля, можна орієнтовно оцінити вплив режимів експлуатації на ресурс дизеля.

Список літератури

1. Мінчев Д. С. Методи діагностики технічного стану двигунів внутрішнього згоряння з використанням цифрових двійників [Електронний ресурс] : дис. ... д-ра техн. наук : спец. 05.05.03 : галузь знань 14 / Дмитро Степанович Мінчев ; Одес. нац. морськ. ун-т ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Одеса, 2023. – 385 с. – Бібліогр.: с. 339-369. – укр.
2. Білоусов Є. В. Теоретичні основи робочих процесів в суднових двигунах, що працюють на альтернативних паливах : монографія Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 444 с.
3. Клименко О. М. Оцінка впливу регулювання температурного стану поршнів на техніко-економічні показники дизеля [Електронний ресурс] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.03; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків, 2016. 21 с.

УДК 631.3.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН

Войтюк В. Д., доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В процесі виробничої експлуатації машина, яка зупиняється з технічних причин для виконання ремонту чи обслуговування, характеризується вимогами до допустимої тривалості перебування у обслуговуючо-ремонтній сфері. Лише техніка, вилучена зі сфери експлуатації для продажу або ремонту, не має цієї тривалості.

Інформація про вимоги механізованих технологічних процесів до тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань є важливою для розвитку технічного сервісу. Визначення допустимої тривалості перебування машин у обслуговуючо-ремонтній сфері є основною підставою для обґрунтування параметрів системи технічного сервісу.

Машини, які з технічних причин зупиняються для виконання ремонту чи технічного обслуговування, вилучаються з технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур. Виходячи із цього, для аналітичного визначення допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань слід розглядати часові режими її використання у механізованих технологічних процесах вирощування сільськогосподарських культур. Водночас ці процеси, як відомо, характеризуються ймовірним

характером їх перебігу у часі, що не дає змоги розглядати вимоги до тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань як детерміновані величини.

Значення допустимої тривалості перебування машини в обслуговуючо-ремонтній сфері у j -й момент часу можна у наявному вигляді записати:

$$t_{pj}^d = f(Q_{vj}, q_v, T_{vj}, A_m), \quad (1)$$

де Q_{vj} – обсяг механізованих робіт, що слід виконати машинним агрегатом, на v -й технологічній операції, починаючи з j -о моменту часу, га;

q_v – продуктивність машинного агрегату на v -й операції, га/год.;

T_{vj} – тривалість часу від j -о моменту до завершення агротехнічно оптимального терміну виконання v -ї операції, год.;

A_m – агрометеорологічні умови для періоду виконання v -ї технологічної операції.

Виходячи з того, що машинний агрегат повинен виконати роботи в оптимальні агротехнічні терміни та ідеалізуючись від ймовірного характеру впливу агрометеорологічних умов на перебіг даного технологічного процесу, а також ідеального узгодження обсягів механізованих робіт з темпом їх виконання, неважко довести, що технологічно допустима тривалість виконання обслуговуючо-ремонтних втручань не залежить від часу початку їх виконання (рис. 1).

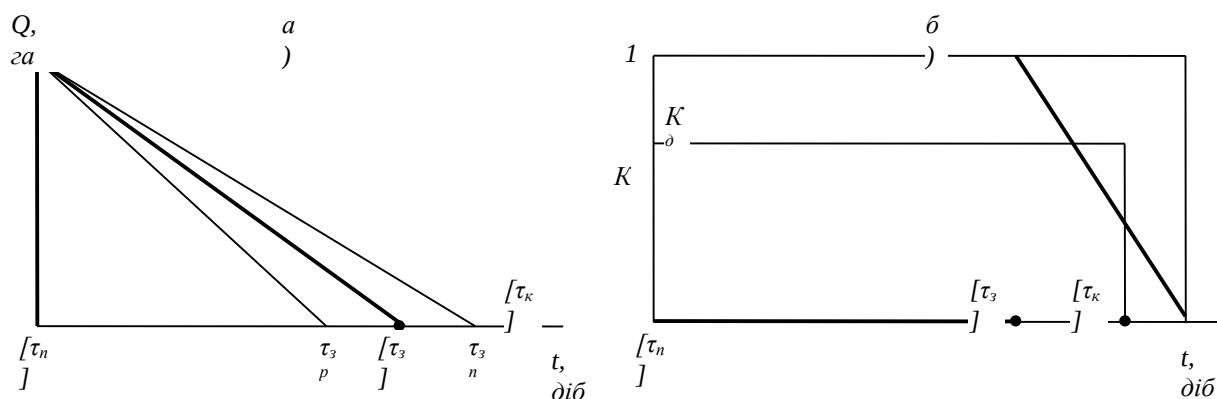


Рис. 1. Графічна інтерпретація детермінованої моделі виконання механізованого процесу (роботи) (а) та коефіцієнта втрат урожаю (б): $[\tau_n]$, $[\tau_3]$, $[\tau_k]$ – агрометеорологічно зумовлений початок, агротехнологічно зумовлене завершення та крайній термін виконання механізованого процесу; τ_3^p , τ_3^n – ранні та пізні терміни завершення механізованого процесу.

Виникнення потреби у цих втручаннях завжди буде супроводжуватися втратами урожаю у механізованому технологічному процесі, адже буде порушуватися умова своєчасності його виконання.

Якщо темп виконання механізованого процесу розрахований таким чином, що обсяг механізованих робіт буде виконаний завчасно ($\tau_3^p < [\tau_3]$), то виникає технологічно допустимий проміжок часу на виконання згаданих втручань – $\Delta t_{p0}^d = [\tau_3] - \tau_3^p$. Якщо ж $\tau_3^p > [\tau_3]$, то механізований процес у системі “поле –

культура – машинний агрегат – процес – агрометеорологічні умови” виконуватиметься з втратами потенційного урожаю, а агротехнічно допустима тривалість виконання обслуговуючо-ремонтних втручань буде рівною нулю.

Таким чином, використання імовірнісної (статистичної) моделі механізованого процесу підготовки ґрунту та сівби сільськогосподарських культур дає змогу на підставі комп’ютерних експериментів довести, що допустимі простої агрегатів з технічних причин зумовлюються: агрометеорологічно зумовленим часом початку весняно-польових робіт агрометеорологічними умовами цього періоду впродовж того чи іншого року; календарним часом виникнення технічних відмов; площею j -о поля (S_{jk}) під k -ю культурою; добовим темпом (W_s) виконання робіт:

$$\Delta t_{po}^d = f([\tau_n], \Delta t_n, \tau_b, S_{jk}, W_s), \quad (2)$$

Зазначимо, що агрометеорологічно зумовлений час початку весняно-польових робіт $[\tau_n]$ формує перелік технологічних операцій із механізованої підготовки ґрунту до сівби, що також впливає на допустиму тривалість Δt_{po}^d . За ранньої весни для культур із відносно пізніми термінами сівби виникає потреба закривати ґрунтову вологу і виконувати додаткові технологічні операції “боронування” та “знищення бур’янів”. За середніх та пізніх термінів початку весняного періоду та, відповідно, виходу машинних агрегатів у поле ці операції здебільшого не виконуються.

Особливу увагу слід звернути увагу на тенденцію зміни допустимої тривалості виконання обслуговуючо-ремонтних втручань від площі S_{jk} та темпів робіт W_s . Очевидно, що темп W_s виконання механізованих сільськогосподарських процесів зумовлюється питомою потужністю енергетичних засобів машинних агрегатів, що припадає на одиницю площі сільськогосподарської культури, яка вирощується на тому чи іншому полі. Зростання цієї потужності зумовлюватиме збільшення темпу виконання механізованого технологічного процесу за заданої площі S_{jk} . Водночас, збільшення темпу виконання цього процесу зумовлюватиме зменшення потрібного робочого фонду часу. Це, у свою чергу, означає, що допустима тривалість виконання обслуговуючо-ремонтних втручань буде збільшуватися.

Результати теоретичного аналізу показали, що нарощування питомої потужності (енергоозброєності) енергетичних засобів машинних агрегатів у тому чи іншому механізованому сільськогосподарському процесі дає змогу збільшити допустиму тривалість обслуговуючо-ремонтних втручань і навпаки – зменшення енергоозброєності механізованих процесів зумовлює зменшення цієї тривалості, що повинно враховуватися системою технічного сервісу.

Список літератури

1. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи технічного сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. Мелітополь, 2012. 43 с.

2. Войтюк В. Д. Концепція розвитку технічного сервісу на Україні. Вісник Вінницького державного аграрного університету. Вінниця, 2005. Вип. 21. С. 164–177.

3. Кравчук В. Управління якістю послуг з технічного обслуговування. Техніка і технології АПК. 2011. №2 (17). С. 28–31.

4. Луб П. М. Обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин сільськогосподарського підприємства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. Львів, 2006. 20 с.

5. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: Укр. технології, 2002. 800 с.

6. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин. Кіровоград: КОД, 2009. 180 с.

7. Пастухов В. І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва імені Петра Василенка. Харків. 2004. 38 с.

УДК 631.3.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ МАШИН

Войтюк В. Д., доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Коефіцієнт технічної готовності залежить від рівня узгодження виробничих програм сервісних центрів M_o з попитом на виконання сервісних втручань A . З цією метою розглядаються питомі затрати коштів на виконання технологічного процесу $Z_{\text{тех}}$, питомі транспортні затрати $Z_{\text{тр}}$, а також питомі втрати B сільськогосподарських підприємств (СГП) від простоїв техніки на обслуговуванні. Визначено, що виробнича програма M_o вважається узгодженою з попитом A у тому разі, коли питомі сумарні затрати та втрати СГП будуть мінімальними

$$(M_o \leftrightarrow A) = f(Z_{\text{тех}} + Z_{\text{тр}} + B) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Аналізуючи попит A на виконання ТОР енергонасиченої сільськогосподарської техніки, з огляду на зміни на регіональному рівні, закупівлю ними різномарочної енергонасиченої сільськогосподарської техніки, впровадженню нових технологій вирощування сільськогосподарських культур,

узгодження між M_o і A можна досягти лише на певний період часу t_y , після якого слід коригувати структурно-функціональну будову системи ТОР шляхом зміни кількості структурних складників системи або ж зони її дії. Кількісне значення кожної s -ї структурної складової системи ТОР N_{cr} визначається відповідною виробничою програмою M_{or} , що входить до складу загальної програми M_o .

Доведено, що збитки через призупинення механізованих сільськогосподарських процесів можна звести до мінімуму за умов резервування енергонасиченої техніки у СГП; наявності енергонасиченої техніки у системі ТОР, яка має надаватися на прокат СГП в обмін на техніку, яка зупинилася через потребу виконання технічного обслуговування і ремонту (ТОР). Вибір стратегії ТОР S^{eft} енергонасиченої ρ -ї техніки визначається із умови:

$$S_{\rho}^{eft} \leftarrow f(R_{\rho}, Z_{\rho}^B, Z_{\rho}^O, \Delta t_{\rho}, \Delta M_{\rho}), \quad (2)$$

де R_{ρ} - повнота використання технічного ресурсу ρ -ї техніки; Z_{ρ}^B, Z_{ρ}^O - відповідно резервування ρ -ї техніки у сферах її використання та ТОР; Δt_{ρ} - своєчасність виконання механізованих сільськогосподарських процесів ρ -ю технікою; ΔM_{ρ} - резервування потужності центра (станції) з ТОР. Складові цієї залежності належать до двох згаданих сфер експлуатації техніки: $R_{\rho}, \Delta t_{\rho}, Z_{\rho}^B$ - сфери використання; $Z_{\rho}^O, \Delta M_{\rho}$ - сфери ТОР. Узгоджена взаємодія між цими сферами за ринкових умов досягається гарантійними зобов'язаннями суб'єктів. Вилучення енергонасиченої техніки із сфери використання характеризується допустимою

тривалістю $\Delta t_{\rho j}^d$ перебування її в сфері (системі) ТОР. У j -й момент часу в неявному вигляді допустиму тривалість виконання обслуговуючо-ремонтних робіт, за визначених параметрів елементарної системи "поле - сільськогосподарська культура - машинний агрегат - технологічний процес - агрометеорологічні умови", можна записати у вигляді

$$\Delta t_{pj}^d = f(Q_{vj}, q_v, T_{vj}, A_m), \quad (3)$$

де Q_{vj} - обсяг механізованих робіт, що слід виконати машинним агрегатом на v -й технологічній операції, починаючи з j -го моменту часу, га; q_v - продуктивність машинного агрегату на v -ї операції, га/год; T_{vj} - тривалість часу від j -го моменту до завершення агротехнічно оптимального терміну виконання v -ї операції, год; A_m - агрометеорологічні умови у період виконання v -ї технологічної операції.

Аналіз статистичної моделі виконання механізованого сільськогосподарського процесу і розроблений метод визначення допустимої тривалості Δt_{pj}^d перебування її в сфері ТОР дають змогу визначити умови, за якими виникають втрати врожаю від несвоєчасного виконання механізованої операції (рис. 1).

Якщо темп виконання механізованого процесу розраховано таким чином, що обсяг механізованих робіт буде виконано завчасно ($(\tau_3^p < [\tau_3])$, де τ_3^p, τ_3^n $[\tau_3]$ - ранні, пізні та допустимі терміни завершення механізованого процесу), то виникає технологічно допустимий проміжок часу на виконання згаданих робіт.

При цьому $\Delta t_p^d = [\tau_3] - \tau_3^p$. Якщо ж $\tau_3^p > [\tau_3]$, то механізований процес у системі “поле–культура–машинний агрегат–технологічний процес – агрометеорологічні умови” виконуватиметься з втратами потенційного врожаю, а агротехнічно допустима тривалість виконання обслуговуючо-ремонтних робіт буде рівною нулю.

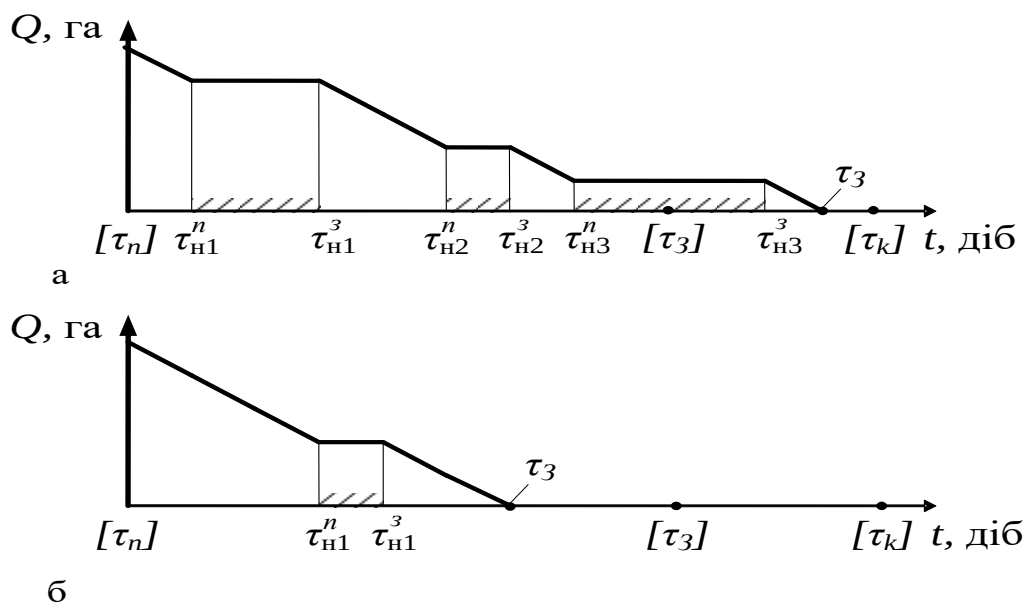


Рис. 1. Графічна інтерпретація статистичної моделі виконання механізованого процесу (роботи) за “дощових” (а) та “сухих” (б) агрометеорологічних умов.

Термін виконання механізованого сільськогосподарського процесу за вказаною системою однозначно визначається за допомогою імовірнісної (статистичної) моделі, коли достеменно відомі такі її початкові умови, як агрометеорологічно зумовлений час початку механізованого процесу, повторюваність та тривалість кожного непогожого проміжку (рис. 1).

З огляду на те, що в даній реалізації процесу (рис. 1,а) $\tau_3 > [\tau_3]$, зупинка агрегату з технічних причин у будь-який погожий (робочий) проміжок часу буде зумовлювати втрати врожаю. Якщо у механізованому процесі виникатиме ситуація, за якої $\tau_3 < [\tau_3]$, то у цьому разі технологічно допустимі простой агрегату під час виконання відповідних робіт становитимуть $\Delta t_p^d = [\tau_3] - \tau_3$. Окрім того, простой агрегату допускаються, якщо він зупиниться у момент, за якого виконуватиметься умова $\tau_{n1}^3 - t_{po}^d = \tau_{n1}^3 - \tau_{n1}^3$. В разі зупинки агрегату в інтервалах часу $[\tau_n] \dots \tau_{n1}^n$ та $\tau_{n1}^3 \dots \tau_3$, допустимі простой агрегату будуть різні. За умови, якщо зупинка настає у першому робочому проміжку, допустимі простой становитимуть – $\Delta t_{po}^d = (\tau_{n1}^3 - \tau_{n1}^n) + ([\tau_3] - \tau_3)$, у другому, $\Delta t_{po}^d = [\tau_3] - \tau_3$.

Таким чином, допустима тривалість перебування машинно-тракторних агрегатів у сфері ТОР обумовлюється: агрометеорологічно визначеним часом

початку весняно-польових робіт (τ_n); агрометеорологічними умовами цього періоду впродовж того чи іншого року (Δt_n); календарним часом виникнення технічних відмов (τ_v); площею γ -о поля ($S_{\gamma k}$) під k -ю культурою; добовим темпом (W_s) виконання робіт.

Розроблено метод визначення потреби у пересувних ремонтних майстернях (ПРМ) для виконання обслуговуючо-ремонтних робіт на основі статистичного імітаційного моделювання відповідної системи.

Розроблена в роботі статистична імітаційна модель складається із таких блоків: формування початкових даних для моделювання; моделювання потоку замовлень на поточний ремонт; моделювання потоку замовлень, що вимагають одночасного проведення ТОР; моделювання потоку замовлень на ТО; моделювання роботи ПРМ.

Процес моделювання потоку замовлень на виконання поточних ремонтів представлено у вигляді графічної моделі на рис. 2.

Вектори 1, 2, 3, ..., r відтворюють вхідні потоки тракторів $S_{i,j}$ із i -х господарств та j -х марок. Вхідні потоки формуються шляхом послідовного відкладання випадкових значень інтервалів часу між надходженнями замовлень. Після проектування даних потоків на єдину календарну вісь отримується сумарний потік замовлень. Для кожного трактора потік замовлень на ремонт визначається напрацюванням від останньої обслуговуючо-ремонтної роботи на початок календарного року. Встановлюються замовлення, для яких потрібно одночасно виконати ТОР. Якщо напрацювання трактора є більше як 90% від регламентованого, то із замовленням на ремонт виконується одночасно і ТО.

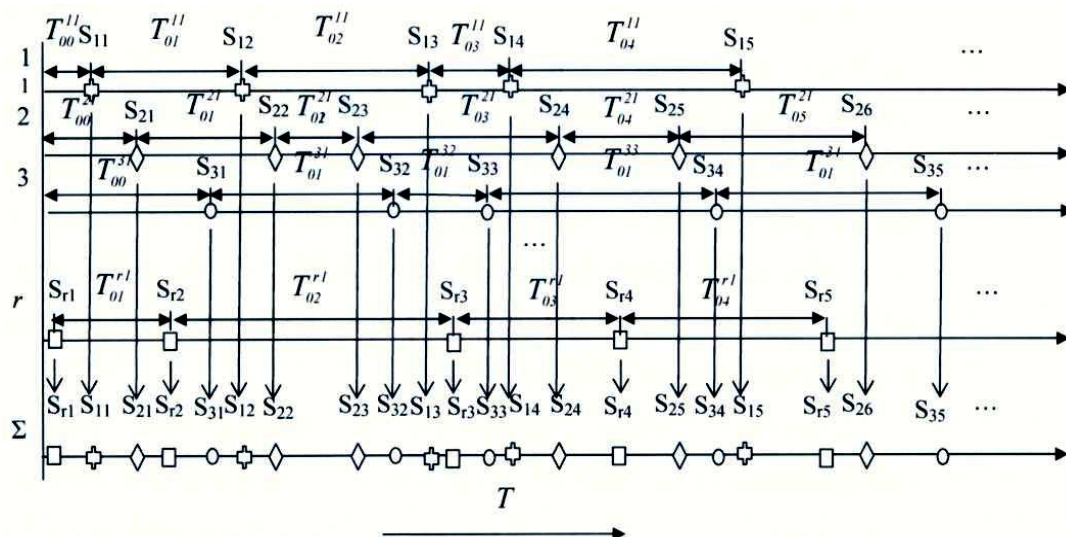


Рис. 2. Модель формування вхідного потоку замовлень на ремонт.

Моделювання роботи ПРМ розпочинається із систематизації трудомісткості кожного замовлення. Трудомісткість виконання поточних ремонтів для тракторів встановлюється на підставі методу експертних оцінок. В

моделі присвоєння трудомісткості кожному із замовлень на виконання поточних ремонтів відбувається шляхом генерування її випадкового значення. Замовлення на обслуговуючо-ремонтні роботи виконуються в порядку їх надходження. Попередньо у моделі задається кількість ПРМ та чисельність виконавців, які виконують обслуговуючо-ремонтні роботи для тракторів. Під час функціонування системи ТОР тракторів можуть виникнути такі часові ситуації: ПРМ зайняті; їх частина зайнята, інша частина вільна; ПРМ вільні. Якщо з'явилося замовлення, коли ПРМ зайняті, то визначається тривалість простою тракторів у черзі на обслуговування $\sum t_{np}$

$$\sum t_{np} = t_{np2} + t_{np3} + t_{np4} + \dots + t_{npi}. \quad (4)$$

Якщо виникло замовлення коли частина ПРМ зайнята, інша частина вільна, то проводиться розрахунок тривалості переїзду кожної із вільних ПРМ до господарства, де з'явилося замовлення, яке описується залежністю

$$t_{di}^{jm}(t_{d2}^{jm}) = \frac{L_{1,j}}{V}, \quad (5)$$

де $L_{1,j}$ – відстань від ТЦ до j -го господарства (відстань між господарствами), км; V – швидкість руху ПРМ, км/год.

Якщо виникло замовлення, коли всі ПРМ вільні, то для його обслуговування залучають ту ПРМ, яка найближче розташована до місця замовлення. При цьому тривалість простою ПРМ визначається із виразу (рис. 3, б)

$$\sum t_{п} = t_{п2} + t_{п3} + t_{п4} + \dots + t_{пи} \quad (6)$$

Після завершення моделювання віртуальної системи ТОР тракторів впродовж року розраховуються функціональні показники даної системи: обсяг замовлень, тривалість простою ПРМ, тривалість простою виконавців, тривалість очікування тракторами обслуговуючо-ремонтних робіт, кількість замовлень, які не встигли обслужити і витрата палива на переїзди ПРМ. На їх основі узгоджуються техніко-технологічні параметри ТЦ із потоком замовлень тракторів на виконання обслуговуючо-ремонтних робіт.

Список літератури

1. Войтюк В. Д. Техніко-технологічний розвиток системи технічного сервісу енергонасиченої сільськогосподарської техніки: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. Мелітополь, 2012. 43 с.
2. Войтюк В. Д. Концепція розвитку технічного сервісу на Україні. Вісник Вінницького державного аграрного університету. Вінниця, 2005. Вип. 21. С. 164–177.
3. Кравчук В. Управління якістю послуг з технічного обслуговування. Техніка і технології АПК. 2011. №2 (17). С. 28–31.
4. Луб П. М. Обґрунтування параметрів комплексу ґрунтообробних машин сільськогосподарського підприємства : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. Львів, 2006. 20 с.

5. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: Укр. технології, 2002. 800 с.

6. Молодик М. В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин. Кіровоград: КОД, 2009. 180 с.

7. Пастухов В. І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 „Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва”. Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва імені Петра Василенка. Харків. 2004. 38 с.

8. Сидорчук О. В. Технологічні вимоги механізованого процесу в рослинництві до темпів ремонту машин. Підвищення організаційно-технічного рівня ремонтно-відновних процесів в АПК регіону: Пр. ін-ту / Львів с.-г. ін-т. Львів, 1990. С. 84-90.

УДК 625.7.08

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ВПЛИВ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА СКЛАД ЗБИРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

Іванов Б. О.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аналіз сучасного стану забезпеченості сільськогосподарського виробництва України показує низький рівень її ефективності. Так зокрема кількість зернозбиральних комбайнів в Україні з 2010 р. (57435 од.) по 2020 р. (52746) знизилася на 5000 од. [1, 2]. Загалом в перші 5 років цього періоду за рік вибувало близько 1800 од. ЗК, а після 2015 р. ця цифра загалом знизилася до 161 комбайна. При цьому згідно з розрахунками Мінагрополітики, технологічна потреба України складає 75 тисяч. Така різниця в наявності та потребі призвела до щорічного підвищення навантаження на ЗК. Якщо у 2016 році воно становило 230 га, то у 2020-му – 310 га, а в окремих господарствах і 350 га. Варто нагадати, що в Німеччині навантаження на комбайн становить 60 га, а у Франції – 70.

Частка комбайнів з терміном експлуатації понад 10 років становить близько 60%, від 6 до 10 років – 29, до 5 років – 11% [3]. У зв'язку з підвищеним навантаженням та заниженою продуктивністю парку машин терміни збирання перевищують нормативні у 2 і більше разів, що у свою чергу призводить до значних втрат вирощеного врожаю [4, 5, 6]. Проблему посилює ймовірнісний характер взаємодії машин, викликаючи простой агрегатів взаємопов'язаних у технологічному процесі.

Обґрунтування структури зернозбирального комплексу з урахуванням вартості простою машин та їх ймовірнісний характер взаємодії може бути виражено через мінімізацію цільової функції втрат. Однак на структуру збирального комплексу суттєво впливає продуктивність технологічних машин, що суттєво залежить від їх терміну служби. Зокрема відомо, що коефіцієнт використання часу зміни зернозбиральних комбайнів до десятого року служби знижується з 0,65 до 0,4. Зі збільшенням терміну служби та зниження надійності зернозбиральних комбайнів технологічні прості техніки в поточні лінії збільшуються.

Для обґрунтування кількості збиральних агрегатів у ланці та розрахунку взаємообумовлених простоїв представлена уточнена цільова функція мети, де за критерій прийнято мінімум втрат від простоїв агрегатів:

$$S(m, \tau(t)) = P_{KA}(\tau(t)) \cdot t_{KA}(m, \tau(t)) + P_{TA}(\tau(t)) \cdot t_{TA}(m, \tau(t)) \rightarrow \min \quad (1)$$

де P_{KA} , t_{KA} , P_{TA} , t_{TA} – вартість години простою та середня тривалість простою протягом зміни відповідно комбайна і транспортного агрегату, год; t – термін експлуатації машин.

$$\begin{aligned} t_{KA}(m, \tau(t)) &= T_{зм} \cdot t_K(m, \tau(t)); \\ t_{TA}(m, \tau(t)) &= T_{зм} \cdot t_T(m, \tau(t)), \end{aligned} \quad (2)$$

де $t_K(m, \tau(t))$, $t_T(m, \tau(t))$ – доля простоїв комбайна і транспортного засобу залежно від кількості агрегатів у групі для різних термінів експлуатації.

Вартість простою збирального агрегату з певними припущеннями можна визначити наступним чином:

$$P_{KA} = \frac{B_k \alpha \gamma_k}{T_q} + Z_m + 0.1 B_p V \tau(t) C_{\pi} U k_b, \quad (3)$$

де Z_m – витрати на оплату роботи комбайнера, грн/год; α – амортизаційні відрахування %; $\tau(t)$ – залежність коефіцієнту використання часу зміни ЗК від терміну експлуатації; k_b – коефіцієнт втрат, %; U – урожайність, ц/га; B_p , V – ширина захвату (м) і швидкість ЗК, км/год; C_{π} – вартість основної продукції, грн/ц; B_k – балансова вартість комбайна.

Вартість простою транспортного засобу з певними припущеннями можна визначити за залежністю:

$$P_{TA} = \frac{B_{TA} \alpha \gamma_a}{T_q} + Z_a, \quad (4)$$

де B_{TA} – балансова вартість транспортного засобу, грн; Z_a – тарифна ставка водія, грн/год; γ_a – відсоток зайнятості транспорту на збиранні урожаю; T_q – час роботи машин на збиранні зернових.

Для визначення тривалості простою в перебіг зміни комбайна та транспортного засобу використовувалася теорія масового обслуговування, яка дозволяє врахувати випадковий характер зв'язки між технологічними та транспортними агрегатами [6].

До даних, що характеризують СМО, відносяться: число каналів обслуговування m (збиральних агрегатів), кількість вимог n (транспортних

агрегатів), інтенсивність надходження одного вимоги до обслуговування λ (тобто кількість повернень вимоги за одиницю часу), інтенсивність обслуговування вимог μ (величина, зворотна часу обороту транспортного агрегату).

Інтенсивність надходження обслуговування однієї вимоги визначається як величина, зворотна часу повернення вимоги (часу обороту транспортного агрегату $t_0 = t_t + t_p$):

$$\lambda = \frac{n}{t_0} \quad (5)$$

де t_t – час руху транспортного засобу від комбайна і назад, год:

$$t_t = \frac{2L}{v_s \beta}, \quad (6)$$

де L – віддаль транспортування зерна, км; v_s – середньотехнічна швидкість, км/год, β – коефіцієнт швидкості; t_p – час розвантаження, год; n – кількість авто закріплених за комбайном, визначається за залежністю:

$$n = \frac{0.1BVU\tau(t)}{W_a} \quad (7)$$

де W_a – продуктивність транспортного агрегату, т/год.

Інтенсивність обслуговування вимог є оберненою величиною обслуговування однієї вимоги (час наповнення бункера комбайна та вивантаження):

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{пог}} + t_b \cdot k} \quad (8)$$

А час навантаження в свою чергу визначаємо за виразом:

$$t_{\text{пог}} = \frac{Q_t}{V_b \gamma} \cdot (t_{\text{під}} + t_v) \quad (9)$$

де Q_t – вантажопідйомність транспортного засобу; V_b – об'єм бункера, м³; $t_{\text{під}}$, t_v – час під'їзду і час вивантаження бункера, год; t_b – час наповнення бункера зерном, год; k – кількість бункерів, що поміщаються у транспорт.

Середнє число заявок, що обслуговуються одним комбайном за час повернення транспортного засобу, визначає їх інтенсивність надходження:

$$p(m) = \frac{\lambda}{\mu}.$$

Ймовірність того, що усі ЗК вільні, визначали за виразом:

$$B_s(m) = \frac{1}{\sum_{k=0}^m \frac{p^k}{k!} + \frac{p^m}{(m-1)!(m-p)}}, \quad (k = 0, 1 \dots m), \quad (10)$$

Ймовірність того, що усі ЗК зайняті:

$$B_z(m) = \frac{p^m}{(m-1)!(m-p)} \cdot B_s(m) \quad (11)$$

Середня кількість вільних від обслуговування збиральних агрегатів:

$$N_s(m) = B_s(m) \cdot \sum_{k=0}^m \frac{p^k}{k!} \cdot (m - k), \quad (12)$$

Для визначення часу простою комбайнів необхідно визначити коефіцієнт використання:

$$\eta_k(m) = \frac{m - N_s(m)}{m}, \quad (13)$$

Середній відсоток технологічного простою комбайна визначаємо за виразом:

$$t_k(m) = t_{\text{пог}} \cdot \frac{1 - \eta_k(m)}{\eta_k(m)}, \quad (14)$$

Для визначення часу простою транспортного засобу визначена довжина черги, що очікує обслуговування:

$$N_0(m) = \frac{\frac{p^{m+1}}{m \cdot m! \cdot \left(1 - \frac{p}{m}\right)^2}}{\sum_{k=0}^m \frac{p^k}{k!} + \frac{p^{m+1}}{m! \cdot (m-p)}}, \quad (15)$$

Відсоток технологічного простою транспортного засобу в очікуванні навантаження визначається за виразом:

$$t_a(m) = \frac{N_0(m)}{\lambda}, \quad (16)$$

Дослідження економіко-математичної моделі показало, що на структуру жнив комплексу значний вплив надає термін служби машин (рис. 1). Так, зі збільшенням коефіцієнта використання часу зміни зернозбиральних комбайнів з 0,45 до 0,65 кількість збиральних агрегатів у ланці знижується з семи до п'яти одиниць, за врожайності зернових культур, що дорівнює 40 ц/га. Зі збільшенням урожайності від 30 до 60 ц/га, при коефіцієнті використання часу зміни, що дорівнює 0,5, кількість агрегатів у ланці збільшується з восьми до п'яти (рис. 1а).

При збільшенні продуктивності технологічних машин рахунок використання широкозахватних жниварок кількість машин у ланці зменшується. Так, при коефіцієнті використання часу зміни, що дорівнює 0,5, при використанні шестиметрової жниварки у ланці має бути сім агрегатів, при використанні дев'ятиметрових жниварок кількість технологічних машин у ланці знижується до чотирьох (рис. 1б).

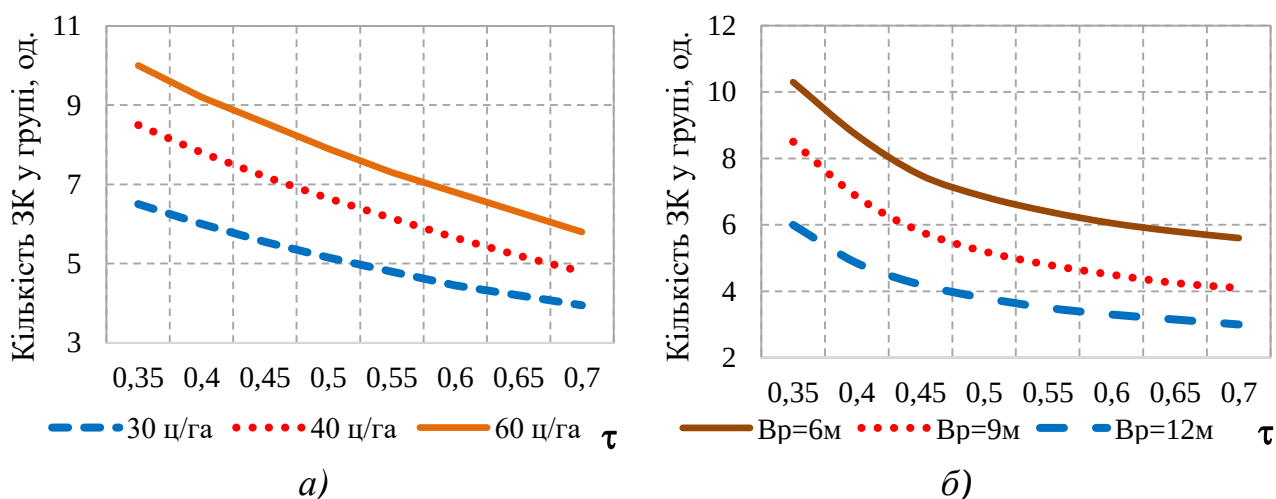


Рис. 1. Залежність кількості ЗК John Deere від коефіцієнта використання часу зміни: а) при різній урожайності; б) при різній ширині захвату жатки.

У разі збільшення вантажопідйомності транспортних засобів з шести до шістнадцяти тон кількість технологічних машин у ланці збільшується з шести до

восьми. Зі зниженням урожайності на десять центнерів кількість збиральних агрегатів у ланці збільшується на один агрегат (рис. 2).

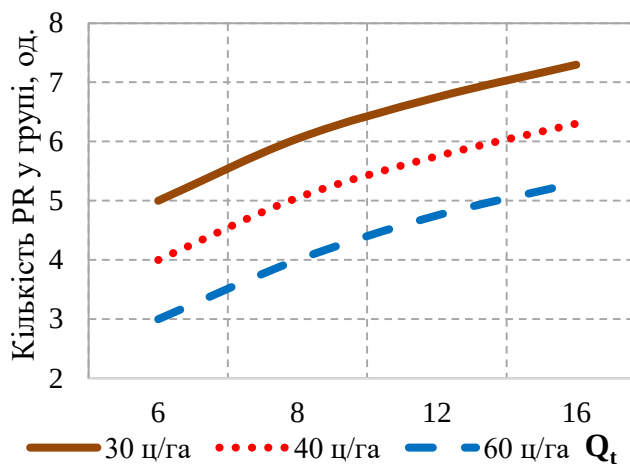


Рис. 2.

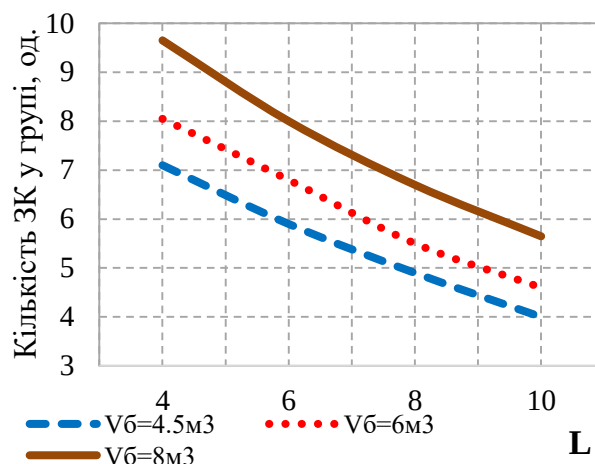


Рис. 3.

Зниження (приблизно вдвічі) ємності бункера зернозбирального комбайна та збільшення відстані перевезення викликає зниження кількості зернозбиральних комбайнів у ланці на три одиниці (рис. 3).

Таким чином, при формуванні зернозбиральних комплексів необхідно розподіляти зернозбиральні комбайни за ланками залежно від їхньої надійності.

Кількість комбайнів у ланці зі збільшеним терміном служби має бути більшою, ніж нових.

Це дозволить знизити технологічні простой збиральних та транспортних агрегатів, підвищити їх продуктивність та знизити собівартість виробленої продукції.

Список літератури

1. Nadtochiy O., Rogovskii I., Titova L. Analysis of dynamics of combine market of Ukraine. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. Doslidnitske. 2016. P. 254-261.
2. Nadtochy O.V., Voityuk D.G., Demko A.A. Monitoring of the combine market in Ukraine. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: APC Engineering and Energy. Kiev. 2010. Vol. 144. Part 2. P. 322-328.
3. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924-929. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF290>.
4. Rogovskii I. L., Titova L. L., Sokolova V. A., Andronov A. V., Avagyan D. M. Modeling of normativity of criteria of technical level of forage harvesters combines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 720. 012109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012109>.

5. Kuzmich I. M., Rogovskii I. L., Titova L. L., Nadtochiy O. V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. 052002. doi:10.1088/1755-1315/677/5/052002.

6. O. Nadtochiy, L. Titova. Simulation of agricultural processes. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2. P. 39-49.

УДК 664.7:658

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ВПЛИВ ПОМИЛОК ПЕРСОНАЛУ НА НАДІЙНІСТЬ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

Новицький А. В., кандидат технічних наук, доцент

Новицький Ю. А., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тваринництво залишається пріоритетним напрямком аграрної діяльності в більшості країн світу, створюючи таким чином основу продовольчої безпеки [1]. Світова практика та наукові дослідження останніх років показують [2, 3], що збільшення виробництва продукції тваринництва можливе за рахунок якісної підготовки кормів до згодовування у вигляді сумішей згідно зоотехнічних вимог. Одним з найбільш трудомістких процесів при підготовці кормів для великої рогатої худоби є подрібнення, змішування, дозування та роздавання [2, 3].

Важливе місце в якійсній годівлі тварин відводиться засобам для приготування і роздавання кормів (ЗПРК). В залежності від складових кормів і вимог до кормової суміші визначаються з типом машини і параметрами робочих органів. Зростаюча вартість ЗПРК та розширення модельних рядів їх випуску для більшості заводів-виробників обумовлюють актуальність основних напрямків їх удосконалення, які включають підвищення їх ефективності та надійності, зниження матеріаломісткості та енергоємності.

Досвід використання та забезпечення працездатності ЗПРК вказує на те, що зарубіжні зразки зазначених машин характеризуються досить високою експлуатаційною надійністю. Інтенсивність експлуатації ЗПРК істотно зросла, а умови використання та зберігання вимагають особливої уваги та постійного контролю з боку операторів та інженерно-технічних працівників [3-5]. Попередніми дослідженнями встановлено [6, 7], що надійність ЗПРК лімітується не тільки особливістю конструкції та довговічністю робочих органів. Надійність ЗПРК також забезпечується на основі вивчення умов експлуатації, характерних пошкоджень та способів відновлення.

Моніторинг результатів системного аналізу показує, що не всі керівні матеріали на експлуатацію ЗПРК містять достатній об'єм інформації, який необхідний для оцінки та забезпечення їх надійності [8, 9]. Практично відсутня інформація щодо вимог до підготовки персоналу, що займається обслуговуванням та експлуатацією ЗПРК [8, 9].

Разом з тим, є керівні матеріали, в яких передбачено аналіз можливих помилок від дії персоналу, що призводять до відмов кормороздавача та способів для їх усунення [8, 9]. В інструкції на використання визначено чотири основні відмови, причиною яких є помилки оператора [10]:

- завантаження кормороздавача при вимкненому валу відбору потужності трактора;
- завантаження складових кормів, що мають сторонні включення (камені, металеві та дерев'яні предмети);
- зберігання кормороздавача при низькій температурі повітря з кормовою сумішшю в бункері;
- забивання вивантажувального конвеєра.

Першу відмову, причиною якої є неможливість запуску кормороздавача для подальшого змішування та роздачі можна усунути ручним розвантажуванням при вимкненому двигуні тракторі та відключеному валу відбору потужності.

Другу можливу відмову, причиною якої є порушення роботи перемішуючого шнека, що призводить до зрізування зрізного болта запобіжної муфти можна усунути шляхом заміни болта при вимкненому двигуні тракторі, та відключеному валу відбору потужності.

Третю відмову, що може виникати лише при використанні кормороздавача при низькій температурі і також призводить до зрізування зрізного болта запобіжної муфти, можна усунутою шляхом заміни болта при вимкненому двигуні тракторі та відключеному валу відбору потужності.

Четверту відмову, наслідком якої може бути заклинювання приводу вивантажувального конвеєра можна усунути при вимкненому двигуні трактора та відключеному валу відбору потужності. Для усунення відмови необхідно при роздачі корму в годівниці включити вивантажувальний конвеєр, а потім відкрити шибер вивантажувального вікна.

З огляду на опис представлених відмов через допущені помилки оператора, їх наслідків та рекомендації щодо їх усунення, можна зазначити, що вони можуть будуть передбачені персоналом при їх підготовці.

Значним резервом у забезпеченні надійності ЗПРК є наявність інформації про підготовку та професійно важливі якості персоналу, що займається їх експлуатацією, технічним обслуговуванням та ремонтом [11, 12].

В подальших дослідженнях будуть розглядатися можливі напрями підвищення надійності засобів для приготування і роздавання кормів:

- формування заходів для зменшення ймовірності виникнення відмов в результаті несвоєчасності усунення помилки оператора;

- використання теоретичних досліджень, включаючи логіко-імітаційне моделювання для формування відмов в залежності від впливу людського фактору;
- передбачення в керівних матеріалах на використання машин опису можливих відмов через помилки в роботі оператора та рекомендацій для їх передбачення та усунення.

Список літератури

1. Uzi Moallem, Liliya Lifshitz (2020). Accuracy and homogeneity of total mixed rations processed through trailer mixer or self-propelled mixer, and effects on the yields of high-yielding dairy cows. December 2020. Animal Feed Science and Technology 270:114708. DOI:10.1016/j.anifeedsci.2020.114708.
2. Fuyang, T., Yuhua, C., Zhanhua, S., Yinfa, Y. (2020). Finite Element Simulation and Performance Test of Loading and Mixing Characteristics of Self-Propelled Total Mixed Ration Mixer. Journal of Engineering. vol. 12, 1–15.
3. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.
4. Novitskiy, A. V. Metodichni pidhodi otsinki nadllynostI lyudini-operatora, yak skladovoyi sistem «lyudina–mashina–seredovische». Visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka. Harkiv, HNTUSG. Vip, 2013, 133: 243-248.
5. Новицький А. В., Ружило З. В. Визначення функції готовності систем «людина – машина» при зростанні інтенсивностей відмов. Machinery & energetics. Journal of Production Research. Kyiv. 2019. Vol. 10. No. 2. P. 89–96.
6. Новицький А. В. Методичні підходи до формування програми забезпечення надійності сільськогосподарської техніки. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37), ч. I. С. 134–143.
7. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 287–296.
8. Новицький А. В. Моніторинг технічного стану ЗПРК за керівними матеріалами на їх експлуатацію. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, Кропивницький. Україна. 2022. Вип. 5(36), ч. II. С. 73–85.
9. Новицький А. В., Харьковський І. С., Новицький Ю. А. Моніторинг технічного стану сільськогосподарської техніки за керівними матеріалами на її експлуатацію. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12, No 4. P. 85–93.
10. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264. С. 293–303.

11. Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254, ч. 3. С. 334–338.

УДК 621.432.3

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДВИГУНІВ І ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТІ

Сиволапов В. А.

Пилипчук Р. А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

До основних експлуатаційних факторів відносяться кліматичні і польові умови, швидкісні і навантажувальні режими, тепловий режим роботи і його стабільність, паливно-мастильні матеріали та охолоджувальні рідини, число циклів включення (виключення) режимів, система, періодичність та рівень технічного обслуговування, а також якість ремонту. Облік цих факторів вимагає проведення в експлуатуючих організаціях спеціальних досліджень, що здійснюється дослідниками відповідно до розроблених для цього програмами.

Дослідження по виявленню комплексу показників довговічності і безвідмовності дозволяють [1, 2]:

- оцінити ефективність впроваджених конструкторсько-технологічних заходів по двигуну в цілому і його елементів;
- виявити вплив навантаження двигуна на його надійність за питомою експлуатаційною витратою палива;
- зіставити рівень надійності двигунів за роками їх випуску і порівняти з рівнем надійності двигунів інших марок.

Дослідження, що проводяться за другим напрямом, дають можливість [3]:

- виявити залежність показників довговічності та безвідмовності від рівня ТО, якості олив, кліматичних та польових умов експлуатації, кваліфікації операторів та ремонтників, досвіду експлуатації тощо;
- визначити потенційну та оптимальну працездатність виробу до ремонту або списання, а також оптимальну періодичність та обсяг ТО;
- намітити передбачувану причину виникнення відмови з перевіркою ймовірності гіпотези у лабораторних умовах;
- знайти залежність показників довговічності та безвідмовності виробів та його складових елементів, використовуючи кореляційну залежність цих

показників від умов експлуатації двигуна, і вивести середні показники з метою оцінки середнього рівня надійності і нормування запасних частин.

Для цього рівень надійності або ресурс двигунів по кожній експлуатуючій організації за допомогою коефіцієнтів коригування призводять до еталонних умов експлуатації та розраховують середньостатистичні показники, якими можна оперувати як середніми по країні.

Другим та завершальним етапом дослідження експлуатаційної надійності виробів та їх елементів є якісний аналіз результатів експлуатації. Під якісним аналізом розуміється зіставлення кількісних показників надійності та експлуатаційних факторів у поєднанні з технічним станом деталей та з'єднань: стан робочих поверхонь, абсолютні та питомі величини зносів, характер і розташування зон відмов на деталі або у вузлі.

Виявлення технічного стану та причин відмов виробу та його елементів на різних етапах напрацювання базується на активних методах дослідження їх під час експлуатації та ремонту з уточненням та перевіркою окремих факторів у лабораторних умовах. Джерелом отримання даних щодо якісного аналізу є спеціальні дослідження, створені задля вивчення технічного стану та виявлення причин відмов двигунів [2].

При дослідженні причин відмови деталі, вузла чи з'єднання не завжди вдається виділити достовірну причину, викликану лише конструктивними, виробничо-технологічними чи експлуатаційними чинниками [1, 2]. Це зумовлено тим, що вихід деталей з ладу у багатьох випадках викликається сукупністю одночасно діючих факторів, що залежать від якості виготовлення, так і від умов експлуатації виробу. Тому при дослідженні прагнуть класифікації можливих причин відмов на найбільш ймовірні і другорядні, або супутні, що гіпотетично сприяють виходу деталі з ладу. До розряду найімовірніших причин віднесено такі, виключення яких, безумовно, змогло би усунути відмову деталі чи значно продовжити час її безвідмовної роботи. Під конструктивними причинами відмов маються на увазі такі, які можуть викликати відмову навіть за дотримання встановлених технічних умов або вимог іншої нормативної документації на виготовлення, ремонт та експлуатацію.

До виробничо-технологічних причин відмов відносяться ті з них, які обумовлені недосконалістю виготовлення та ремонту деталі або вузла. Експлуатаційні причини відмови викликаються порушенням вимог інструкції або встановлених правил експлуатації двигуна.

У процесі тривалої експлуатації під впливом механічних та температурних навантажень, атмосферних умов та інших експлуатаційних факторів змінюється стан окремих деталей та вузлів, поступово зменшується працездатність деталей, що характеризується зміною їх властивостей внаслідок зносу, деформації, корозії, ерозії, утворення раковин, тріщин, накопичення відкладень, нагару і т. п. Неминуча поступова втрата працездатності та скорочення залишкового ресурсу деталей покладена в основу методу дослідження причин відмов елементів конструкції двигунів.

Список літератури

1. Дослідження процесу теплопередачі в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння. В. А. Сиволапов, А. В. Новицький, В. С. Хмельовський, О. М. Бистрий. Центральнотрапійський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропівницький : ЦНТУ, 2020. Вип. 3 (34). С. 266–274.
2. Ружило З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом ТО і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. 2016, Вип. 2. С. 223–231.

УДК 637.116

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Дереза О. О., кандидат технічних наук, доцент

Дереза С. В.

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

Ефективний розвиток молочного скотарства можливий лише на основі подальшої спеціалізації, концентрації, індустріалізації і інтенсифікації виробництва. Техніко-економічне вдосконалення існуючого, а також розробка і швидке впровадження в практику нового перспективного технологічного обладнання повинні забезпечити підвищення продуктивності молочної худоби і покращити якість молока при одночасному скороченні витрат праці, коштів і часу на його виробництво.

На сьогодні існує широкий вибір високопродуктивних доїльних установок, основним визначальним параметром ефективної експлуатації яких є вакуумний режим.

Коливання вакуумного режиму згідно з зоотехнічними вимогами призводять до значного технологічного впливу на якість молока та фізіологічний стан тварини. Таким чином, підвищення ефективності експлуатації доїльних установок, шляхом стабілізації вакуумного режиму, є актуальним і перспективним.

Дослідженню процесу вакуумного режиму доїльних установок присвячені роботи таких вчених, як А.І. Фененко [1], Е.Б. Алієва [2] та інших дослідників.

З появою великої кількості конструктивних рішень доїльних установок значимість вакуумних систем доїльних установок істотно зростає. До вакуумної

системи входять: вакуумний насос, вакуум-провід, вакуум-регулятор, вакуумний балон, молокопровід, лічильник обліку кількості молока, автоматичні пристрої.

Одним із найбільш важливих елементів вакуумної системи є вакуум-регулятор. Він повинен підтримувати стабільний рівень розрідження в вакуум-проводі необхідний для роботи доїльних апаратів і транспортування молока по молокопроводу.

За типом пристроїв, що задають величину вакууму, вакуумні регулятори поділяються на пружинні і гравітаційні. Останні мають більш стабільну за часом характеристику і тому більш поширені. У регуляторах гравітаційного типу для зменшення ударних зусиль між сідлом і клапаном вантаж занурюють у в'язку рідину (наприклад, оливу). Для покращення динамічних якостей вакуумних регуляторів клапанні механізми замінюють дроселями.

Переміщення клапана чи дроселя здійснюється під дією сили, що виникає за рахунок різниці тисків (атмосферного і вакууметричного) над і під клапаном. Це змінює прохідний переріз регулятора (дроселя) і цим впливає на кількість повітря, що впускається ззовні у магістраль. Кількість повітря, що надходить у магістраль, у свою чергу визначає величину в ній вакууметричного тиску.

Однак пружинні і гравітаційні вакуум регулятори не зовсім відповідають вимогам, які до них пред'являються. Із-за поганої динамічної стійкості і великої погрішності вони в 3-4 рази перевищують допустиму величину коливань вакууму.

Вакуумні регулятори деяких зарубіжних фірм працюють більш якісно дякуючи введенню в їх конструкцію фрикційних елементів і різних компенсаторів. Але і ці пристрої не позбавлені недоліків. Вони мають складну будову, їх повітряні компенсатори вимагають ретельного догляду.

Аналізуючи напрями удосконалення вакуумних регуляторів, слід відмітити, що при їх модернізації не достатня увага приділяється вибору регулюючого органу як головної ланки автоматичного пристрою. Найбільше поширення отримали клапани тарільчатого типу або в формі зрізаного конуса. Проте, як показали досліди, саме вони не відповідають по своїм параметрам характеру навантажень вакуумних ліній. Регулюючий клапан працює в умовах сил, що безперервно змінюються. На нього постійно діє пульсуюче розрідження від вакуумного насоса. Знаходячись в потоці повітря, яке рухається з великою швидкістю (до 200 м/с), він попадає в складне поле аеродинамічних і статичних тисків. В балансі сил приймають участь сили інерції рухомих частин, а також сили тертя в напрямних клапана. В процесі доїння рівновага між ними і статичним вантажем часто порушується збуреннями, які виникають при виконанні доярами технологічних операцій. В залежності від її зміни швидко зростає або зменшується площа відкритого перерізу (що характерно для цих типів клапанів), і він здійснює релейний (відкрито-закрито), без проміжних положень, регулюючий вплив. Це являється головною причиною нестійкої роботи і низької якості регулювання автоматичних вакуумних регулюючих пристроїв.

Робочий орган вакуумного регулятора повинен мати не круто наростаючу характеристику, а набагато більш полого. Більш того, при різноманітності режимів він повинен бути більш універсальним по пропускній здатності.

Для якісного регулювання велике значення має правильний вибір форм і розмірів інших елементів. Наприклад, конусні кромки (фаски) сідла клапана часто являються причиною його автоколивань, тому їх краще не робити. Відмічено також, що верхнє розміщення вантажу більш переважне, так як розгойдування його в цьому випадку значно менше.

Тому ми пропонуємо зробити його роботу більш стійкою і зменшити амплітуду коливань вакууму при перехідних процесах до мінімуму.

Удосконалений регулятор вакууму із робочим органом золотникового дросельного типу складається із корпусу, до якого на різьбі кріпиться патрубок для з'єднання із вакуумпроводом доїльної установки і сідла, в якому розміщено золотниковий клапан. На верхній частині клапана встановлено вантаж із доважками для настроювання регулятора. Знизу на сідло накручується повітряний фільтр із сіткою. Прокладки створюють герметичність між корпусом і патрубком, корпусом і сідлом клапана.

Найбільш відповідальна частина регулятора – золотниковий дросельний клапан. Клапан представляє собою цільнометалеву деталь, яка оснащена напрямним хвостовиком у вигляді порожнистого циліндра із чотирма вікнами змінного профілю. Безпосередньо біля клапана вони мають трикутний переріз із кутом при вершині $60...75^\circ$, а на іншій частині – прямокутний. Хвостовик центрує клапан в трубці і в результаті легкого тертя демпфірує можливі вібрації, підвищуючи його динамічну стійкість. Сітка фільтра не тільки очищує, але і знижує напір повітря і рівномірно розподіляє його по перерізу сідла клапана. Цьому ж сприяє його конусність в нижній частині. В місці посадки клапана сідло має гострі кромки, а зовні – фаску не більше 30° , необхідну для зниження реактивного потоку повітря, що виходить із вікон клапана і попередження його закидання.

Працює регулятор наступним чином. При включенні вакуумного насоса в трубопроводі створюється розрідження. Як тільки воно перевищить встановлене значення, клапан підніметься вгору. Атмосферне повітря, пройшовши через сітку фільтра, сідло, вікна клапана і патрубок, поступить в вакуумну систему, де встановиться задане розрідження. Під час доїння безперервно пульсуючий потік повітря від діючих та тих, що відключаються – підключаються доїльних апаратів приводить до зміни вакууму в системі і перепаду тиску, що діє на клапан. При найменшому зниженні вакууму (проти початкового настроєного рівня) клапан під дією вантажу опускається, зменшуючи площу відкритого перерізу вікон у визначеній відповідності з кількістю повітря, що поступає. В результаті надходження повітря тиск різко знижується або припиняється зовсім, а вакуум в системі швидко відновлюється.

Висновок. Використання удосконаленого вакуум-регулятора дозволить стабільно підтримувати вакуумний тиск в системі в заданих межах. Результатом

буде покращення рефлексу молоковіддачі, зменшення тривалості доїння корів та збільшення їх продуктивності.

Список літератури

1. Фененко А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: монографія. Київ. 2008. 198 с.
2. Алієв Ельчин Бахтияр огли. Підвищення ефективності експлуатації вакуумної системи молочно-доїльного обладнання: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Алієв Ельчин Бахтияр огли. – Запоріжжя, 2012. – 177 с.

**СЕКЦІЯ
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ CARBON FARMING**

УДК 631.354.2

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

**ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ФАКТОРІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ
ШВИДКІСТЮ ПОДАЧІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

Тітова Л. Л., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У процесі збирання на швидкість подачі зернозбирального комбайна може впливати багато факторів, таких як параметри врожаю, параметри робочого стану та умови роботи [1]. Фактори, пов'язані зі швидкістю подачі (наприклад, робоча швидкість, густота врожаю, крутний момент і швидкість обертання збирального шнека, похилого конвеєра та молотильного циліндра тощо) були отримані з багатофункціональної системи збору інформації для зернозбирального комбайна [2]. Потім розраховували ступінь кореляції факторів, пов'язаних зі швидкістю подачі на основі сірої кореляції шляхом призначення ваги кореляції та компенсації затримки часу [3]. Результати експериментальних досліджень показали, що ступені кореляції робочої швидкості та крутного моменту молотильного циліндра з подачею зернозбирального комбайна є найвищими [4]. Коефіцієнт кореляції робочої швидкості та крутного моменту молотильного циліндра від швидкості подачі становив відповідно 0,8396 та 0,7915. Порівняно з іншими факторами, зміни робочої швидкості та крутного моменту молотильного циліндра можуть краще відображати тенденцію швидкості подачі [5].

Швидкість подачі зернозбирального комбайна визначається як загальна маса зерна і соломи, що пройшли через комбайн за одиницю часу [6]. У польових експериментах фактори, пов'язані зі швидкістю подачі, в основному включають параметри культури, параметри робочого стану та параметри робочих умов. Тут параметри врожаю, такі як вологість стебла, вологість зерна, співвідношення зерна, густота врожаю та висота врожаю розподілені нерівномірно; швидкість роботи не контролюється точно, на що впливає ковзання шини, крім антропогенних факторів; висота жатки не налаштована стабільно, що не може гарантувати стабільну висоту стерні. Більше того, існують додаткові фактори, такі як робоча ширина різання жатки, яка безпосередньо пов'язана зі швидкістю подачі. Швидкість подачі зернозбирального комбайна змінюється в режимі реального часу і не може бути виявлена онлайн. Таким чином, інформація про довгі інтервали або зовсім інша інформація про просторові варіації не має сенсу для прогнозування подачі зернозбирального комбайна. Лише обмежена інформація про роботу протягом короткого періоду часу, яка належить до систем

із невизначеною інформацією про відсутність інформації, має деяке довідкове значення швидкості подачі.

Полеві експерименти полягали в отриманні різних властивостей урожаю, а також крутного моменту та швидкості обертання живильного шнека, похилого конвеєра та молотильного циліндра за різних робочих швидкостей, у той же час, підрахунку та збереження середньої швидкості подачі різних груп. Вся робота була спрямована на надання даних для моделювання на основі процесів у великих масштабах, щоб забезпечити базу даних для моделювання автоматичного виявлення швидкості подачі.

Обладнання для збирання врожаю – зернозбиральні комбайни – процедура випробувань, для експериментальних випробувань було обрано поле площею 40 га Житомирської області, без сміття, а культура росла рівномірно, без бур'янів і без збивання. Було обрано цілнозернову колісну жниварку пшениці Guwang ТВ60, максимальна швидкість подачі якої становила 6 кг/с, максимальна ширина зрізу – 2,51 м, стандартна потужність двигуна – 92 кВт, а ширина та діаметр осевого молотильного циліндра – 1,70 м. 0,55 м відповідно.

Зерно, що надходить у жатку, потрапляє через похилий конвеєр у молотильний циліндр, потім частина соломи вивантажується через вихідний отвір уздовж осевого напрямку. У цьому випробуванні вся солома, що виходить через вихідний отвір молотильного циліндра, і вся витягнута оболонка, що виходить через вихідний отвір, збираються штучним способом, а потім зважували окремо, а його вагу позначали як m_1 , m_2 відповідно.

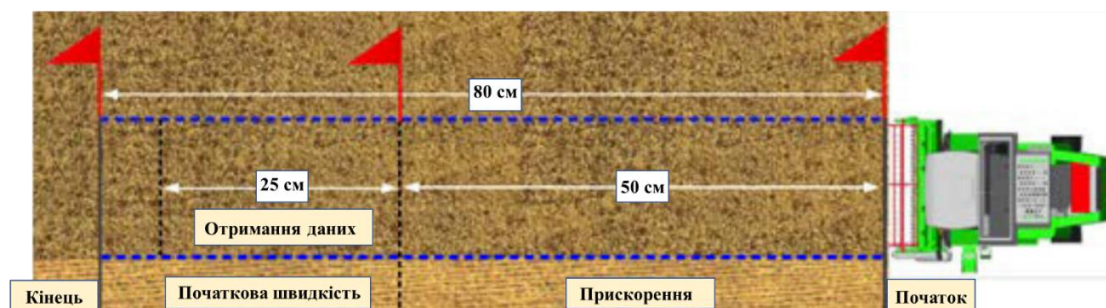


Рис. 1. Ескіз польових випробувань збору параметрів ефективності.

На практичному збиранні в кожній дослідній групі комбайн працював по прямій. Дистанція збирання становила 80 м, але початкові 50 м були етапом старту та прискорення комбайна. Таким чином, параметри продуктивності, згенеровані на цьому етапі, не використовувалися для аналізу даних. Коли робоча швидкість досягла очікуваної швидкості та підтримувала навіть стабільний стан, система починала збирати та записувати ці параметри продуктивності. Розроблені нами датчики збирали крутний момент і швидкість обертання живильного шнека, похилого конвеєра та молотильного циліндра. Місцезнаходження та швидкість роботи отримували з GPS, встановленого на комбайні. Відстань зони збору даних становила 25 м. Ескіз польових випробувань для збору параметрів продуктивності показано на рис. 1.

Серед сприятливих факторів, пов'язаних зі швидкістю подачі, ступінь кореляції між швидкістю подачі та швидкістю роботи був найвищим. Була помітна лінійна залежність швидкості подачі та робочої швидкості. Отже, під час практичного польового збирання врожаю швидкість подачі зернозбирального комбайна можна регулювати, змінюючи робочу швидкість.

Список літератури

1. Nadtochiy O., Rogovskii I., Titova L. Analysis of dynamics of combine market of Ukraine. Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. 2016. P. 254-261.

2. Nadtochy O.V., Voityuk D.G., Demko A.A. Monitoring of the combine market in Ukraine. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: APC Engineering and Energy. Kiev. 2010. Vol. 144. P. 2. P. 322-328.

3. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 924-929. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF290>.

4. Rogovskii I. L., Titova L. L., Sokolova V. A., Andronov A. V., Avagyan D. M. Modeling of normativity of criteria of technical level of forage harvesters combines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 720. 012109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012109>.

5. Kuzmich I. M., Rogovskii I. L., Titova L. L., Nadtochiy O. V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. 052002. doi:10.1088/1755-1315/677/5/052002.

6. Nadtochiy O., Titova L. Simulation of agricultural processes. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2. P. 39-49.

УДК 631.331.54

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ШЛЯХОМ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ

Кравченко В. В., кандидат технічних наук, доцент

Войтік А. В., кандидат технічних наук, доцент

Уманський національний університет садівництва

На виконання сільськогосподарських робіт використовується велика кількість викопної енергії, адже на сьогодні майже всі механізовані процеси в

полі виконуються з використанням енергетичних засобів з двигунами внутрішнього згорання. Тому перед розробниками сільськогосподарських машин стоїть завдання зробити ці машини більш енергоефективними і, по можливості, зменшити затрати енергії на виконання технологічних операцій. Існує багато напрямків підвищення енергоефективності машин: від конструктивних вдосконалень окремих робочих органів до експериментів з режимами експлуатації даних машин і навіть заміни двигунів внутрішнього згорання електричними приводами з джерелом живлення від акумуляторних батарей чи електричних мереж. Одним з перспективних напрямків підвищення енергоефективності машин є застосування рекуперації енергії [1]. Такий спосіб відновлення енергії набуває широкого впровадження в різних механізмах та машинах які мають потенціал до цього. Основною умовою для отримання відновленої енергії є наявність «вільної» потенціальної чи кінетичної енергії при роботі машин. При роботі сільськогосподарських машин також є процеси, які супроводжуються вивільненням енергії, яка в більшості випадків перетворюється в тепло і розсіюється.

Системи рекуперації енергії застосовуються в різних підйомних машинах таких як телескопічні навантажувачі чи екскаватори. При цьому для рекуперації використовується потенціальна енергія опускання ковша чи якогось вантажу.

Основними елементами таких рекупераційних систем є гідроциліндр, який відповідає за піднімання-опускання вантажу, далі в лінії зливу робочої рідини розміщують гідроаккумулятор, якщо енергія накопичується у вигляді стиснутого повітря або гідромотор, вихідний вал якого може обертати вал генератора електричного струму з подальшим накопиченням енергії в акумуляторних батареях або розкручує механічний накопичувач кінетичної енергії у вигляді маховика [2].

Як показують дослідження різних авторів за останні роки ефективність використання рекупераційних систем на машинах з піднімальними механізмами при накопиченні електричної енергії може бути від 17% [3] до 54–58% [4]. Для систем з накопиченням енергії у вигляді тиску від 18% [5] до 50–70% [6]. Та при використанні маховиків зменшення споживання енергії на виконання робочих процесів екскаватором може бути зменшено до 44% – 62% [2].

Список літератури

1. Wang, M., Danzl, P., Mahulkar, V., Piyabongkarn, D., & Brenner, P. A hydraulic test stand for demonstrating the operation of Eaton's energy recovery system (ERS). 10th International Fluid Power Conference March 8–10. Dresden:, 2016 in. Volume 1 – Symposium: Tuesday, March 8. P. 219–230.
2. Li J, Zhao J, Zhang X. A Novel Energy Recovery System Integrating Flywheel and Flow Regeneration for a Hydraulic Excavator Boom System. *Energies*. 2020; 13(2):315. <https://doi.org/10.3390/en13020315>
3. Wang, T.; Wang, Q. An energy-saving pressure-compensated hydraulic system with electrical approach. *IEEE ASME Trans. Mech.* 2013, 19, 570–578.

4. Minav, T.A.; Virtanen, A.; Laurila, L.; Pyrhönen, J. Storage of energy recovered from an industrial forklift. Autom. Constr. 2012, 22, 506–515.
5. Bruun, L. Swedish developed energy saving system in Caterpillars excavators. Fluid Scand. 2002, 2, 6–9
6. Zhao, P.; Chen, Y.; Zhou, H. Simulation analysis of potential energy recovery system of hydraulic hybrid excavator. Int. J. Precis. Eng. Manuf. 2017, 18, 1575–1589.

УДК 631

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

СЕРТИФІКАЦІЯ ТРАКТОРІВ ТА ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ

*Дев'ятко О. С., кандидат технічних наук
Бойко І. О.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Технічні транспортні засоби розподіляються на трактори категорій Т і С відповідно колісні і гусеничні. Для забезпечення якісних показників їх роботи здійснюють експлуатаційні випробування. При цьому експлуатаційні показники трактора розкриваються в можливостях роботи двигуна, що формуються за економічними та технічними параметрами. До технічних показників належать: потужність, крутний момент, частота обертання водночас оцінка вірності роботи встановлюється коефіцієнтами пристосованості двигуна – за частотою обертання та за зміною крутного моменту, а також, відповідно, коефіцієнтом завантаженості двигуна. Економічні показники роботи розкриваються в годинній і питомій витраті палива і ефективним коефіцієнтом корисної дії двигуна [1].

Для експлуатації трактора необхідно, щоб він працював у парі з сільськогосподарською машиною, з метою виконання технологічної операції. За цих обставин характеристики забезпечення реалізації технологічних дій у складі машинно-тракторного агрегату визначаються його переміщенням з позиції агротехнічних вимог, щодо швидкості руху та у вигляді наявних недоліків, які проявляються у пошкодженні рослин, наявності втрат врожаю та стійкості руху агрегату залежно від рельєфу місцевості.

Енергетичні властивості машинно-тракторного агрегату розкриваються через показник потужності агрегату на гаку трактора, тяговий та питомий опір агрегату і коефіцієнт корисної дії, який дозволяє встановити можливості за швидкісними показниками. Технічні показники встановлюють можливості швидкісної особливості машинно-тракторного агрегату і дозволяють мати чітке уявлення про його габарити, масу, придатність до ремонту та універсальність [1].

Економія палива, затрати праці, продуктивність та витрати коштів на експлуатацію складають техніко-економічні показники. Процедура сертифікації містить в собі етап встановлення відповідності зазначених показників, тому перевірка трактора при цьому здійснюється за критеріями продуктивності та витрати палива і враховує умови в яких реалізується процес випробування [2]. При цьому зазначають вид сільськогосподарської машини, що буде задіяна в парі. Наприклад, при оранці вказують плуг, наводять кількість його корпусів для виконання технологічної операції.

Обов'язково зауважують вид ґрунту, щільність та його вологість а також наявність рослинних решток на полі де проводять операційний захід. Для забезпечення маневреності відмічають форму ділянки та глибину обробітку, наводять нерівномірність виконання у вигляді відхилення та обмеження за швидкістю.

За фактичними даними встановлюють середню глибину обробітку з відхиленням від нормативної, знімають покази обертів двигуна та фактичні затрати часу на виконання основної роботи та на поворот з одночасним заміром швидкості руху та витрати палива і продуктивності агрегату на основній роботі та за технологічного часу.

Отже, основним шляхом у напрямку поліпшення експлуатаційних показників є точне комплектування машинно-тракторного агрегату при заздалегідь підготовленому полі з відповідним станом ґрунту і його розбивкою на ділянки й обраним способом руху, водночас слід враховувати виконання вимог на даний момент виду технічного обслуговування та добротної його реалізації.

Список літератури

1. Експлуатація машин і обладнання. Електронний підручник [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://evgivanov.github.io/expl_html_book/book/part1/tema1-2.html.
2. Рубльов В. І., Войтюк В. Д., Михайлович Я. М., Денисенко М. І., Дев'ятко О. С. Якість, стандартизація, метрологія та сертифікація сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник. За ред. проф. В.І Рубльова. К.: Полтава, ФОП Крюков Ю.С., 2014. 288 с.
3. Призначення і техніко-економічні показники трактора. [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://budtehnika.pp.ua/4120-priznachennya-tehnko-ekonomchn-pokazniki-traktora.html>.
4. Енергетичні засоби в АПК методичні рекомендації [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/5105/1/Enerhetychni%20zasoby%20v%20APK.pdf>.

УДК 631:86:631.17

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВИКОРИСТАННЯ МАШИНИХ АГРЕГАТІВ НА ВНЕСЕННІ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

Шатров Р. В., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Відомо, що до 50% приросту врожаю сільськогосподарських культур отримують за рахунок внесення органічних і мінеральних добрив. З розвитком інтенсивного землеробства підвищується роль органічних добрив для підтримання бездефіцитного балансу поживних речовин і гумусу в ґрунті. Це сприяє також отриманню органічної, екологічно чистої продукції рослинництва. За прогнозом вчених ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії імені О.Н. Соколовського» в Україні необхідно щорічно вносити 300-310 млн. тонн органічних добрив (10 т/га), в той час як річний вихід біомаси гною і посліду становить лише 35 млн. тонн.

Основним вітчизняним виробником машин для внесення органічних добрив є ВАТ «Ковельсьільмаш». Це розкидачі добрив МТО-6, МТО-7, РТД-7, РТД-9 і РТД-14. Відома також техніка французької групи компаній KUNN, фірми SIP Sempeter (Словенія), компанії JOSKIN (Бельгія) та ін.

Залежно від наявності машин, відстані доставки органічних добрив до поля і норми внесення вибирають прямоточну, перевалочну і перевантажувальну технології. Найпоширенішою є прямоточна технологія.

Метою досліджень біло визначити граничні віддалі ефективного використання вітчизняної техніки за найбільш поширених умов: нормі внесення добрив 30 т/га, робочій ширині захвату агрегату 8 м, робочій і середньотехнічній транспортній швидкості руху, рівній відповідно 10 і 18 км/год.

Матеріали та методика досліджень. Конструктивні особливості, агрегування і рекомендації щодо використання машин для внесення органічних добрив моделей МТО і РТД вивчалися за даними ВАТ «Ковельсьільмаш». Розрахунки показників роботи машинних агрегатів виконувались на ПК за програмою і методикою кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

Результати досліджень подано в таблиці.

Розрахунки свідчать, що співвідношення між часом транспортування і внесення (розкидання) добрив значною мірою залежить від віддалі перевезень і вантажопідйомності машини.

Найбільш економічно доцільними попередньо можна прийняти для цих умов такі граничні віддалі прямоочної роботи машин: МТО-6-1 км; РТД-9-3 км; РТД-14-5 км.

Таблиця

Співвідношення між часом транспортування і спорожнення органічних добрив

Марка розкидача	Віддаль до поля, км	Час транспортування, хв	Шлях спорожнення кузова, м	Час спорожнення кузова, хв	Відношення часу транспортування до спорожнення, разів
МТО-6	1	7	250	1,5	4,7
	3	20	250	1,5	13,3
	5	33	250	1,5	22,0
РТД-9	1	7	375	2,3	3,0
	3	20	375	2,3	8,7
	5	33	375	2,3	14,3
РТД-14	1	7	583	3,5	2,0
	3	20	583	3,5	5,7
	5	33	583	3,5	9,4

Ефективність роботи машинних агрегатів на внесенні добрив можна підвищити за рахунок використання перевалочної технології. Органічні добрива транспортуються тракторами з причепами або автомобілями-самоскидами і буртуються на краю поля. У міру потреби при основному обробітку ґрунту добрива навантажуються в розкидачі і вносяться на поверхню поля. Віддаль перевезень добрив розкидачами за перевалочної технології обмежується в середньому половиною довжини гону поля.

Усунути транспортну операцію машинного агрегату для внесення добрив, а отже, значно збільшити його продуктивність, можна за рахунок впровадження перевантажувальної технології внесення твердих органічних добрив. Для цього використовують низькорамний розкидач типу РПО-6 (ТОВ «Торговий Дом Дніпропетровський комбайновий завод»). Добрива з гноєсховища або польового бурта навантажуються в самоскидні транспортні засоби вантажопідйомністю до 6 тонн, доставляються до місця внесення і перевантажуються в розкидач. Ширина захвату агрегату, який складається з трактора МТЗ-80 і машини РПО-6, дорівнює 10–12 м, продуктивність за годину основного часу до 10 га.

Висновки. Ефективне використання машин кузовного типу (МТО і РТД) обмежується граничними віддальми перевезень органічних добрив до поля (1–5 км). При віддалі перевезень, більшій за граничну, органічні добрива доцільно вносити за перевалочною технологією. При великих обсягах робіт і віддальх перевезень рекомендується використовувати перевантажувальну технологію внесення органічних добрив на базі низькорамної машини типу РПО-6.

УДК 631.3:629.017

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОРМОРОЗДАВАЧІВ-ЗМІШУВАЧІВ «STRAUTMANN VERTI-MIX»

Новицький Ю. А., аспірант

Кармаліта О. С.

Данілов А. В.

Новицький А. В., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аналіз літературних джерел та світова практика показують, що нарощування виробництва тваринницької продукції можливе лише за рахунок якісної підготовки кормів до згодовування у відповідності до зоотехнічних вимог [1, 2, 5]. На фермах великої рогатої худоби (ВРХ) годівля має суттєвий вплив на собівартість тваринницької продукції в цілому.

Визначальне значення при забезпеченні якісної годівлі ВРХ відводиться засобам для приготування і роздавання кормів (ЗПК), до складу яких входять кормороздавачі-змішувачі. Зростаюча вартість кормороздавачів-змішувачів та розширення модельних рядів їх випуску для більшості заводів-виробників обумовлюють актуальність основних напрямків їх удосконалення та модернізації. Серед відомих виробників ЗПК слід назвати [3, 4]: німецьку компанію «Siloking» (Німеччина), «Strautmann» («Німеччина»), «Kuhn» (Франція), «Trioliet» (Нідерланди), «Seko» (Італія) та інші. В останні роки виробництвом засобів для приготування і роздавання кормів в Україні займається ряд підприємств сільськогосподарського машинобудування. Це: ТДВ «Брацлав» [7], ТОВ «Демімікс-Україна» [8], ТОВ «Уманьферммаш» [9] та ПАТ «Галещина Машзавод» [10]. Виходячи з аналізу літературних джерел встановлено, що удосконалення кормороздавачів-змішувачів світовими виробниками здійснюється за наступними напрямками [3, 5]: підвищення багатofункціональності; покращення конструктивно-технологічних параметрів; підвищення довговічності робочих органів (ножів, шнеків); впровадження сучасних елементів контролю та діагностування.

Кормороздавачі-змішувачі «StrautMann Verti-Mix» використовуються на фермах ВРХ. Серед них один засіб мобільний Verti-Mix 1400 Double SF та два причіпних Verti-Mix 1251. В процесі експлуатації кормозмішувачів-роздавачів в умовах ТОВ «Северин» Черкаської області оцінювались показники надійності, визначався граничний стан робочих органів, проводились уточнення періодичності технічного обслуговування та ремонту. Було встановлено, що недостатньо інформації щодо вирішення комплексної проблеми забезпечення надійності кормороздавача-змішувача моделі Verti-Mix на протязі життєвих циклів, від введення в експлуатацію до настання граничного стану [1, 2, 5].

Кормороздавачі-змішувачі «StrautMann Verti-Mix» в умовах експлуатації в ТОВ «Северин» Черкаської області представлено на рис. 1.



а



б

Рис. 1. Кормороздавачі-змішувачі «STRAUTMANN VERTI-MIX» в умовах експлуатації: а – при завантаженні кормів в причіпний засіб; б – при завантаженні кормів фрезерним механізмом самохідного засобу.

В подальших дослідженнях актуальними могли б бути дослідження, які направлені на забезпечення працездатності кормороздавача-змішувача, обґрунтування роботи служби технічного сервісу. Також потребують уточнення вимоги щодо встановлення кормороздавача-змішувача на зберігання.

Список літератури

1. Zinoviy Ruzhylo, Andriy Novitskii, Dmytro Milko, Volodymyr Bulgakov, Ivan Beloev, Adolfs Rucins. Mathematical model for reliability assessment of device for preparation and distribution of animal feed as “Man-Machine”. Engineering for rural development. 25-27.05.2022 Jelgava, 2022. pp. 911-917.

2. Novitskiy, A. V. Metodichni pidhodi otsInki nadIynosti lyudini-operatora, yak skladovoyi sistem «lyudina–mashina–seredovische». Visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka. Harkiv, HNTUSG.–Vip, 2013, 133: 243-248.

3. Новицький, А. В., Кармаліта О. С., Новицький Ю. А. Дослідження технічного стану машин для приготування і роздавання кормів «STRAUTMANN VERTI-MIX». Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем (2022). Кропивницький, ЦНТУ. С. 82-83.

4. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, P. 115-124.

5. Хмельовський В. С., Потапова С. Є. Технологічні та технічні передумови приготування якісної кормосуміші для ВРХ. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2018. Вип. 18. Т. 2. С. 248-256.

6. Ревенко І. І., Ревенко Ю. І. Перспективи і проблеми переробки кормів молотковими подрібнювачами. Ніжин : Видавець ПП Лисенко Н.М., 2017. 316с.

7. <https://bratslav.com/nasha-produkcija/kormosmesitel-braclav>.

8. <https://demi-mix.com.ua/product-category/Кормозмішувачі для тваринництва>.
9. <https://fermmash.in.ua/product/razmotchik-rulonov-rr-1>.
10. <https://galmash.com.ua/catalog/katalog-tehniki>.

УДК 631.001.04

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

RULES FOR PLACING A GRAIN HARVESTER FOR WINTER STORAGE

Kuzmich I. M., Post Graduate Student

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

In order for the agricultural machine to work smoothly, like any other equipment, it needs proper and timely care [1]. This will help save money and time for putting the equipment into operation during the field work season [2].

Clean harvester [3]. Wash the harvester thoroughly and then place it in a storage area. Before washing, clean the cavity of the stone trap, open hatches and protective covers. Thoroughly clean and wash the outer and inner surfaces of the components. Pay attention to the cleaning of dirt and plant residues from the inside of the feeder house, augers and elevators, thresher and hopper. Cover the generator, starter, relay-regulator, start switch and batteries with covers and tie them. These simple actions will help prevent corrosion of metal surfaces, oxidation of electrical equipment terminals.

Drain fuel [4]. In order to subsequently fill the fuel tank with working-preservation fuel, it is necessary to drain the first 5-7 liters into a separate container for washing parts, and the rest of the fuel into a tank for intended use.

Ventilation cleaning [5]. During winter storage of equipment, a large amount of dust can accumulate in the cab. In order to avoid this, it is necessary to carefully clean the filters of the cabin air handling unit without damaging the filter elements.

Preservation of internal cavities [6]. Carry out conservation of the diesel fuel system, hydraulic system, range box, final drives. To do this, fill the tank with 15-20 liters of working-preservation fuel, and pour working-preservation oil into the corresponding units to operational levels. It is also allowed to carry out internal preservation with appropriate oils, provided that they are reliably sealed. After that, start the engine and run the combine with the inclusion of the mechanisms of the range box and the drive of the diesel hydraulic system units. In this case, the engine operation time should be 8-10 minutes. Please note that fuel and oil leakage is not allowed during this period. This procedure must be done in order to exclude corrosion during storage and to evenly distribute the lubricants over the internal cavities. Checking antifreeze. In order for the diesel engine not to defrost, it is necessary to check the level of antifreeze in the cooling system. If water is flooded, be sure to drain it, because. the

rest of the water in the diesel block and the radiator is not allowed. Remove important items. In order to avoid corrosion, destruction and shedding of the vital elements of the harvester, it is necessary to do a number of the following actions:

1. Remove the batteries, clean them from dust and dirt, blow them with compressed air. Clean the wire lugs and battery terminals, lubricate them with technical vaseline and put them in storage. Clean the batteries with plugs screwed into the filler holes. The electrolyte level should be 10-15 mm above the protective grid of the plates. The electrolyte density is not less than 1.27 g/cm^3 . During storage, periodically recharge the batteries if the density of the electrolyte decreases by more than 0.05 g/cm^3 (up to 70% of its nominal capacity);

2. Remove the knives of the cutting unit, clean them from dust and dirt, cover with conservation grease;

3. Remove the straps wash in warm soapy water (wipe oil stains with a rag soaked in gasoline), dry, powder with talcum powder, install on the harvester in a weakened state. Remember that the presence of oil stains, delaminations, mechanical damage on the belts is not allowed;

4. Remove roller chains, wash, boil in oil, roll into rolls, wrap in oiled or inhibited paper, attach a tag and put into storage. Carefully inspect them: the presence of dirt in the connections of the chain elements is not allowed. Boiling time in engine or gear oil is 15-20 minutes. Oil temperature $80-90^\circ\text{C}$. The time for the oil to drain from the chains after conservation is 10-15 minutes. Bush-roller chains of the feeder house conveyor, grain and return elevators may not be removed from the combine, provided they are preserved in place.

Relax the parts [7]. It is necessary to loosen the tension of the springs, belts, safety clutches, the mechanism for balancing the header body, feeder house conveyor chains. The springs must be free. Remember that at low temperatures, destruction and stretching of parts can occur.

Lubricate all combine lubrication points. When lubricating, remember that grease must not get on the working surfaces of the pulleys and friction discs. Lubrication must be performed to prevent moisture from penetrating the bearing cavities and to protect the harvester from corrosion. Bearings do not need to be lubricated.

Lubrication of external surfaces. To protect the external parts of the combine from corrosion, it is necessary to thoroughly lubricate all metal surfaces: diesel engine, cutting unit, header, thresher, hydraulic cylinder rods, pulley working surfaces, sprockets, open threaded and hinged joints, cutting segments. Apply protective lubricants and compositions to clean and dry surfaces in an even layer 0.05-0.1 mm thick at an air temperature of at least 15°C .

Seal Harvester. Atmospheric moisture should not get into the internal cavities of the combine and the diesel engine: the grid of the rotating air intake, the breather hole, the diesel exhaust pipe, the filler necks of the fuel tank, the hydraulic system and the volumetric hydraulic drive, the roof of the bunker, hatches on the roof and panels of the thresher, the feeder house. Therefore, hatches and hinged covers should be tightly

closed with locks or screws. The diesel sealing points and filler necks must be tightly wrapped with plastic wrap or paraffin paper, then wrapped with pecking tape or tied with twine. Sealing is also necessary to prevent corrosion and moisture ingress into the internal cavities of the combine.

Put the harvester on stands. To remove the load from the wheels of the combine and eliminate the deflection of the header beam during storage, it is necessary to install the combine, the header and the pick-up platform on special supports. Before lifting the harvester, place chocks under the front wheels on the side of possible movement. In this case, there should be a distance of 8-10 mm between the tires of the wheels and the supporting surface.

Reduce tire pressure. Remove dust, dirt, oil stains from tires, hoses of the hydraulic system and volumetric hydraulic drive, and then paint their surfaces with a light-protective composition. The air pressure in the tires must be within the range of up to 0.1 MPa (1.0 kgf/cm²). This is necessary to avoid destruction of tires and hoses.

By following these rules, you will be able not only to maintain the harvester in a quality manner in the winter, but also significantly save time and money when removing equipment from storage, as well as reduce the amount of consumables.

References

1. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.

2. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 022100. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100>.

3. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

4. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.

5. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. *Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition*. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

6. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. *Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics"*. October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

7. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. https://www.wsia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf.

УДК 631.15:637.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПОКАЗНИКІВ БЕЗВІДМОВНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВУЗЛІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Шатров Р. Р., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вирішення проблеми оптимального синтезу сучасних вбудованих систем контролю параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів пропонується виконувати за критеріями надійності та економічної ефективності. Для цього була розроблена наступна модель. Оптимізація показників надійності систем контролю та діагностики в цілому та оптимальне нормування надійності функціональних вузлів виконували за критерієм мінімуму приведених річних витрат:

$$W(\lambda) = W_0(\lambda) + W_1(\lambda), \quad (1)$$

де λ – інтенсивність відмов, $W_0(\lambda)$ – частина приведених річних витрат, що визначає етапи розроблення та виробництва систем контролю, $W_1(\lambda)$ – частина приведених річних витрат, що визначає етап технічної експлуатації.

Для визначення оптимальних значень показників надійності пристроїв комплексу за умови обмеження за показником надійності комплексу в цілому необхідно знайти мінімум функції:

$$W_i(\tau) = \sum_{i=1}^n \frac{K_i(\tau)P_i(\tau)}{1 - P_i(\tau)} + \frac{K_{\Pi}(\tau)P_0(\tau)}{\prod_{i=1}^n P_i(\tau) - P_0(\tau)} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $W_i(\tau)$ – наведені річні витрати (ПРВ) для i -го функційного вузла; $K_i(\tau)$ – коефіцієнт, що встановлює залежність між ПРВ для i -го функціонального вузла і значенням показника надійності в момент τ ; $P_i(\tau)$ – показник надійності в момент часу безвідмовної роботи в момент τ ; $P_0(\tau)$ – значення яке вимагається від показника надійності в момент τ .

Значення показників надійності функціональних вузлів знаходять з системи нелінійних рівнянь такого вигляду:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial W(\tau)}{\partial P_i(\tau)} = 0, \\ \frac{K_i(\tau)}{[1 - P_i(\tau)]^2} = \frac{K_n(\tau) P_0(\tau) \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{n-1} P_j(\tau)}{\left[\prod_{j=1}^n P_j(\tau) - P_0(\tau) \right]^2}, \\ i = 0, n-1. \end{array} \right. \quad (3)$$

Так, при експоненціальному законі розподілу часу безвідмовної роботи та часу відновлення для невідновлюваних пристроїв маємо $\lambda_i = -\frac{1}{\tau} \ln P_i(\tau)$; для відновлюваних пристроїв $\lambda_i = \frac{\mu_i(1 - K_{zi})}{K_{zi}}$, $a\mu_i = \frac{K_{zi}\lambda_i}{1 - K_{zi}}$; для приладів, які характеризуються змінним режимом роботи $\mu_i = \frac{\lambda_i K_{n\phi_i}(\tau)}{e^{-\lambda_i \tau} - K_{n\phi_i}(\tau)}$, а λ_i визначається з трансцендентного рівняння $\lambda_i \tau + \ln \frac{K_{n\phi_i}(\tau)(\lambda_i + \mu_i)}{\mu_i} = 0$.

Список літератури

1. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
4. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 291-298. doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451.
5. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

УДК 658:656

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЗРОСТАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ

Ничай І. М., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ефективна робота збирально-транспортного комплексу (ЗТК) для зернових культур та цукрових буряків передбачає безперервність, потоковість та ритмічність роботи машин комплексу і досягається певними значеннями робочих параметрів [1], виходячи із таких технологічних міркувань. Після завантаження першого бункера продукцією від збирального комбайна (ЗК) причіп-перевантажувач (ПП) з трактором рухається послідовно до наступних комбайнів, які ним обслуговуються, цілком завантажуються, їде до краю поля, розвантажуються в кузов великовантажних автотранспортних засобів (АТЗ) та повертається до першого розвантаженого ЗК для чергового завантаження [2]. Тобто безперервність роботи комбайнів і відповідно їх максимальна (гранична) продуктивність залежить від певних параметрів транспортування продукції [3].

Метою роботи є підвищення ефективності роботи комбайнів шляхом визначення максимальної їх продуктивності за рахунок збільшення місткості бункера та продуктивності вивантажувального пристрою ПП.

Результати досліджень. Тривалість обороту ПП визначиться з наступного виразу як:

$$t_{об} \leq \frac{\omega_k d_B}{W_{кр}}, \text{ год.} \quad (1)$$

де ω_k – місткість бункера ЗК, м³; d_B – об'ємна маса зерна, т/м³; $W_{кр}$ – продуктивність ЗК, т/год; $t_{об}$ – тривалість обороту ПП:

$$t_{об} = 0,08 + 0,12\rho + \frac{K_M \omega_k d_B \rho}{W_{шп}}, \text{ год,} \quad (2)$$

де ρ – кількість бункерів зерна, які завантажуються в ПП; K_M – коефіцієнт, який ураховує тривалість маневрування ПП під час розвантаження ($K_M=1,5$ – за даними досліджень); $W_{шп}$ – продуктивність вивантажувального пристрою (шнека) ПП, т/год.

При певному збільшенні $W_{кр}$ тривалість обороту зменшиться до величини, коли ПП не встигне повернутися до першого ЗК, який він обслуговував, що обумовить простої ЗК. Оскільки мінімальною допустимою кількістю бункерів зерна, які вміщуються в ПП, є 2 од. (при цьому ПП ще виконує функції накопичувача), то існує гранична продуктивність ЗК, при якій ще не відбувається простою ЗК [4].

$$W_{KP} = \frac{\omega_K d_B}{t_{OB}} = \frac{\omega_K d_B}{0,08 + 0,12\rho + \frac{K_M \omega_K d_B \rho}{W_{III}}}, \text{ т/год.} \quad (3)$$

Для найбільш розповсюджених ЗК з бункером місткістю 10 м³ в поєднанні з ПП типу ПБН-20 максимальна продуктивність комбайна обмежується величиною 19,6 т/год. Резервом зростання продуктивності ЗК є підвищення місткості бункера ЗК та збільшення продуктивності вивантажувального пристрою ПП [5]. Так збільшення місткості бункера до 11 м³ дозволить підвищити граничну продуктивність ЗК до 21,6 т/год, а зростання продуктивності вивантажувального пристрою ПП до 1700 т/год (Balzer 1550, США) дає можливість збільшити продуктивність ЗК до 22,5 т/год [6].

Висновок. Основними резервами збільшення граничної продуктивності ЗК, які пов'язані з транспортуванням продукції, є зростання місткості бункера ЗК та продуктивності вивантажувального пристрою ПП.

Список літератури

1. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskiy A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
4. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 291-298. doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451.
5. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
6. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 022100. [doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100](https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/2/022100).

УДК 631.3.077

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ДІАГНОСТУВАННЯ ВТРАТИ ТИСКУ ЧЕРЕЗ НЕЩІЛЬНІСТЬ ЦПГ ДВИГУНІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Можарівський Д. М., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Характер робочого циклу ДВЗ при пуску показує, що середні частоти обертання колінчастого вала і швидкості руху поршня в десятки разів менше, ніж при роботі на режимах максимальної потужності [1]. Внаслідок цього збільшується тепловіддача в стінки циліндрів, порушується нещільність ЦПГ і збільшується викид заряду через випускні клапани [2].

Для сталих режимів ДВЗ тиск [3] і температуру кінця такту стиснення [4] визначають із співвідношень:

$$P_c = P_0 \cdot e_{\Gamma}^{k_1}, \quad (1)$$

$$T_c = T_0 \cdot e_{\Gamma}^{k_1-1}, \quad (2)$$

де P_0 і T_0 – відповідно тиск (кг/см²) і температура повітря (°C) в циліндрі двигуна при знаходженні поршня в положенні н.м.т.; e_{Γ} – геометрична ступінь стиснення; k_1 - середній показник політропи стиснення.

При пуску ДВЗ фактична ступінь стиснення e_{Γ} менше через втрату частини заряду через нещільності конструкції і впускний клапан, що закривається у двигунів через 40–70 градусів після н.м.т. (інерційне наповнення після н.м.т) [5]. В даному випадку фактична ступінь стиснення визначається за формулою:

$$e_{\Phi} = \zeta \cdot e_{\Gamma} \cdot \left(1 - \frac{\Delta V_h}{V_h + V_c}\right), \quad (3)$$

де ΔV_h – об'єм, що втрачається через впускний клапан, ζ – коефіцієнт збереження заряду; V_c – об'єм камери згоряння.

Коефіцієнт збереження заряду характеризує герметичність ЦПГ який знаходиться за формулою:

$$\zeta = \frac{m_c}{m_0}, \quad (4)$$

де m_0 і m_c – відповідно маса заряду на початку і наприкінці такту стиснення.

З достатнім ступенем точності тиск і температура кінця такту стиснення при пуску визначається рівняннями:

$$P_C = P_0 \cdot e_{\Phi}^{k_1}, \quad (5)$$

$$T_c = T_0 \cdot e_{\phi}^{k_1^{-1}}, \quad (6)$$

де e_{ϕ} – фактична ступінь стиснення.

При зростанні геометричній ступеня стиснення завдяки високому тиску швидкість витікання заряду через нещільності між поршнем і циліндром зростає. Температура дизеля практично не впливає на інтенсивність втрати заряду і на коефіцієнт збереження заряду ζ .

Втрата заряду характеризується середнім індикаторним тиском втрат, пропорційним площі індикаторної діаграми процесів стиснення-розширення без подачі палива (рис. 1).

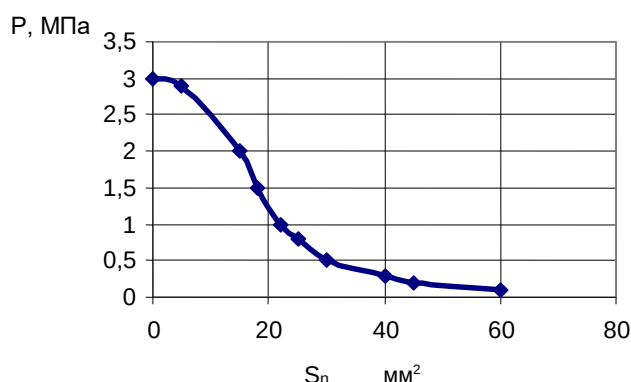


Рис. 1. Характеристика втрат тиску в результаті прориву повітря через нещільність ЦПГ.

Таким чином, встановлено, що на виток стислій середовища в більшій ступені впливає тиску в кінці такту стиснення, головним образом характеризує герметичність надпоршневого простору.

Список літератури

1. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
4. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural

Development. 2019. Vol. 18. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.

5. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

УДК 631.3.077

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

MAINTENANCE OF MACHINES IN AGRICULTURAL SECTOR TAKING INTO ACCOUNT THE COEFFICIENTS OF REPEATABILITY

Dasic Petr, DS, Professor

Higher Technical School of Mechanics, Serbia

According to the statistics of maintenance of tractors in the farms, the coefficients of repeatability, the degree of importance of regulated operations to ensure efficiency of the tractor, as well as changes in the total cost analysis of all transactions, the existing rules of maintenance and developed recommendations for improving them, thereby reducing the range of operations that:

- No. 0 – from 13 to 3 operations;
- No. 1 – from 13 to 3 operations;
- No. 2 - 13 to 3 operations;
- No. 3 - 13 to 3 operations.

The result is a decrease in the unit value 11.98 hryvnia/h.

for the duration of the production cycle

$$\frac{T_u X_g}{B} \geq \frac{S_{gmn}}{Y_g}$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^e \sum_{g=1}^m a_{ejg} X_g \leq D_{jg}, j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{g=1}^m \sum_{k=1}^6 \sum_{\xi=1}^i t_{\xi k} z_k x_g \leq z \quad (3)$$

$k = 1, 2, \dots, 6; e = 1, 2, \dots, i; a = 1, 2, \dots, m;$

$$\min l_1 = \sum_{g=1}^m V_g X_d$$

minimization of the above costs

$$\min l_2 = C_g X_g + E_g K$$

$$\min l_3 \sum_{g=1}^m = (D_{jg} - \sum_{l=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ejg} x_g)$$

$$\sum_{g=1}^m d_g x_g \leq P_g \quad (4)$$

$$g = 1, 2, \dots, m;$$

$$\sum_{g=1}^m V_g X_g \leq S_{gmn} \quad (5)$$

$$a = 1, 2, \dots, m;$$

the number of lifting and transport operations

$$\frac{\sum_{l=1}^a A_{ld} B_g}{\sum_{g=1}^m x_g} \leq \Pi_3 \quad (6)$$

$g = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, \dots, 6, \Delta;$

the volume of circulating information

$$\frac{\sum_{g=1}^m \sum_{u=1}^p Z_{ug} f_{ug} X_g}{P_g} \leq N_g \quad (7)$$

$$a = 1, 2, \dots, m; u = 1, 2, \dots, p$$

$$B_g \geq X_g \geq h_g \quad g = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

to maximize the number of refurbished units, in value terms

$$\max l_4 = \sum_{g=1}^m C_g X_g$$

minimize the consumption of spare parts and materials

$$\min l_5 = \sum_{g=1}^m d_g x_g$$

minimizing the duration of the production cycle

$$\min l_6 = \sum_{g=1}^m T_{ug}$$

minimizing the entropy of the system

$$\min l_7 = \sum_{k=1}^n P_{kk} \log P_k$$

$$\max l_8 = \sum_{g=1}^m X_g (C'_g - R_g)$$

In order mathematical formalization of the production process, enter the following designations: g – brand, type; X_g – annual production; a_{ejg} – performance (e) on repair of units, parts (j) per unit of machine repair g ; B_g – power repair shop repair; d – cost of spare parts and materials for unit repair; $t_{\xi kg}$ – the complexity of the work ξ , k category on repair g ; Z_k – cost of one hour k category; z – payroll; h_g – magnitude of the demand for car repair g ; V_g – direct costs to repair the machine g ; $i_{\xi kg}$ – number of works (ξ). k category of repair machines g ; S_g – lot of works on repair of machines g ; R_g – total cost to repair the machine g ; T_{ug} – duration of the production cycle repair machine g ; B – normative annual fund-time workshop; S_{gmn} – the production area of a repair shop to repair the machine g ; P_g – limit of spare parts

and materials to repair the machine g ; V_g – specific rate of the production area for the repair of machine g ; C'_g – selling cost of the repair; D_{ejg} – capacity of installed equipment (e) repair site, assembly, part j of machine; r_u – information capacity of messages u types; f_u – frequency of formation of the messages u types; N_p – regulatory information load for one person; ρ_g – number of people involved in the repair of machines; A_i – number of lifting and transport operations i – work; C_g – cost of repairing the machines; E_g – rate of efficiency; K – capital investments; P_k – probability that the process will be in state k ; $k = 1, 2, \dots, n$; n – number of possible states of the process.

УДК 631.3.077

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

DEOENDENCY ANALYTICAL MODEL TO DETERMINE PARAMETERS OF TECHNICAL STATE OF COMBINE HARVESTERS

Shvydun O. V., Post Graduate Student

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Theoretical foundations of opto-electronic remote control devices, GPPO, in particular mathematical models of devices with angular and linear scanning.

The essence of the measuring procedure is illustrated in figure 1 and consists in that the object 1 is removed by the camera 2, and simultaneously scanned laser rangefinder 3, which are located on the movable platform 4 capable of moving on three coordinates X, Y, Z and rotate by angles α and β in horizontal and vertical planes, respectively. During the measurement controlled object is set in the field of view of the camera.

On the object, you select a few control points A_i forming the array $\{A_1, \dots, A_i, \dots, A_n\} (i=1 \dots n)$.

Use the rotary table on these points is induced by a laser range finder, fixed angles and coordinates of the position of the turntable corresponding to these points, measure the distance from the camera to the point A_i , the shooting object obtained when the angles and positions of the platform.

The position of the object in frame shifts (figure 2), but each point on the surface of the measured object $A(X, Y, Z)$ is a corresponding point on the flat image of $A(\mu, \eta)$. In the measuring procedure are the place to be following the process.

The propagation and reflection of an optical signal from a selected point on the surface of the object.

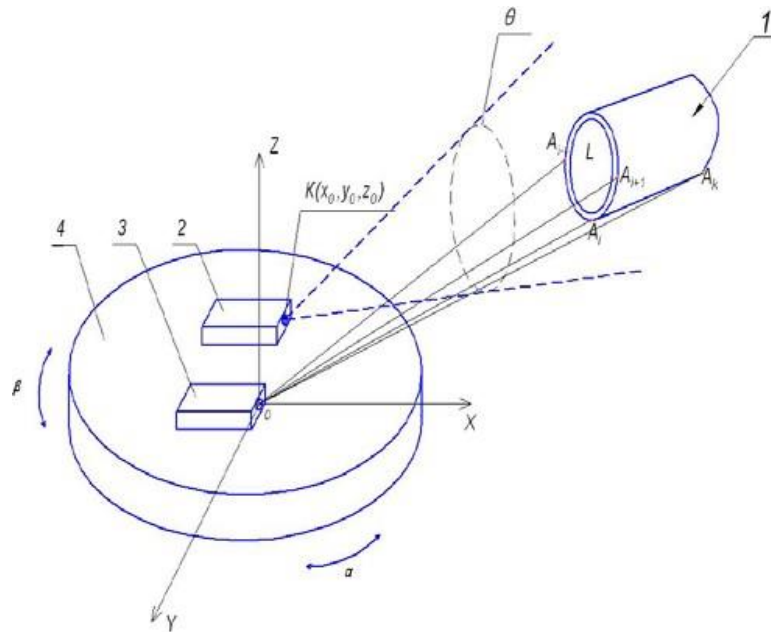


Fig. 1. Illustration of the mathematical model: 1 – object, 2 – camera, 3 – laser rangefinder, 4 – rotating platform.

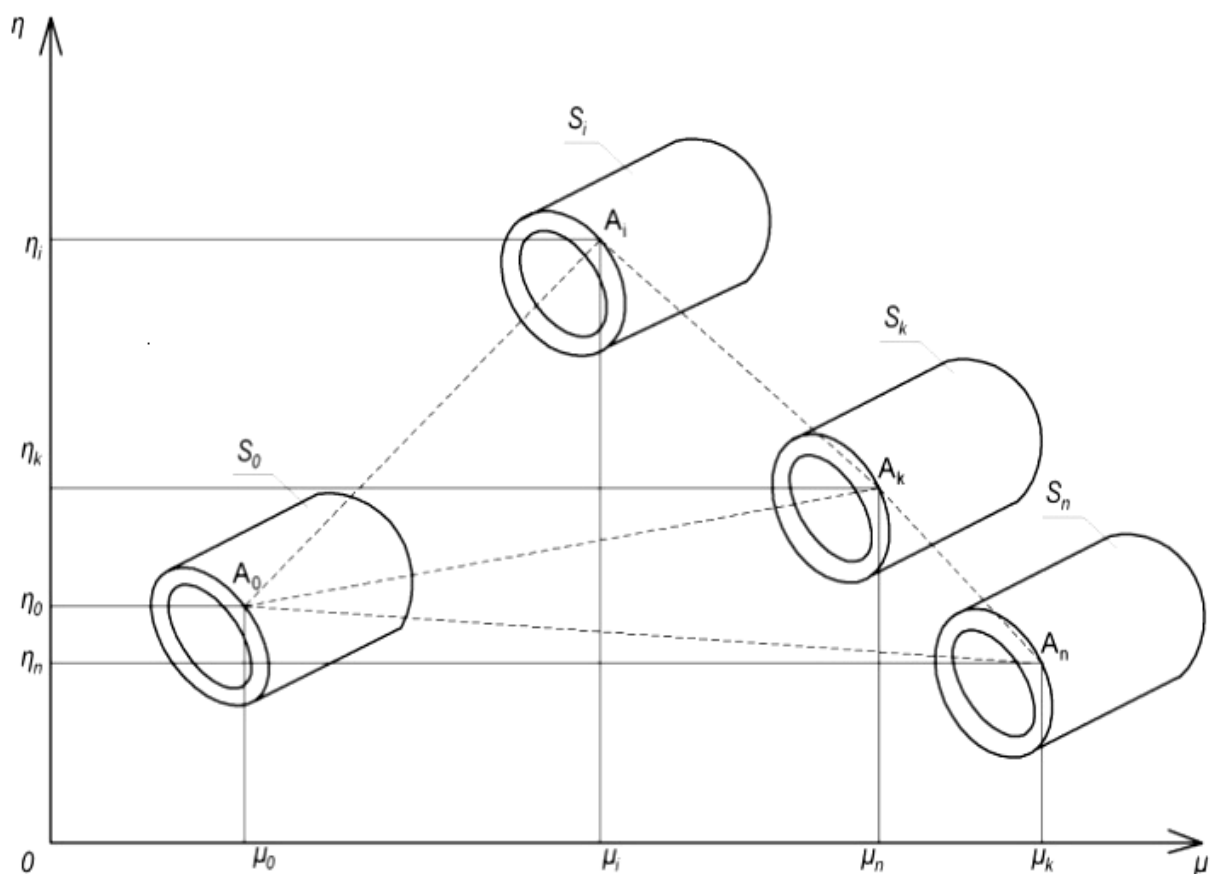


Fig. 2. Position of the object in frame when shooting from different points.

The formation of images of the object on the photodetector of the camera. Image processing with the purpose of obtaining information about the GP object. The thesis

shows the basic steps of image formation, which describes the well-known formula linking the brightness of each point of object and image using direct and inverse Fourier transform, taking into account the optical conversion function of the environment and of the lens. The purpose of mathematical modeling is to determine the transformation function between coordinates of points in three-dimensional surfaces and its flat image on the basis of data measurement procedures:

$$A(X,Y,Z)=F(\mu,\eta,\alpha,\beta,\rho,\Delta X,\Delta Y,\Delta Z)=F(Q), \quad (1)$$

where μ, η – coordinates of the two-dimensional images, α, β, ρ is the spatial angles and the distance to a controlled point, $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ – fixed displacement of the platform in space, Q – data of the measuring process, determined by the totality of the parameters of the function F .

The expression (1) is divided into three linking each spatial coordinate with the image settings:

$$X = FX(Q), \quad Y = FY(Q), \quad Z = FZ(Q). \quad (2)$$

Physically this corresponds to the creation of a digital 3D image of the object on its flat image, which defines all of the GP and analyzed form. The set of parameters Q is redundant, so the task of finding functions transformation (2) is solved separately for angular and linear scanning.

References

1. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
4. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
5. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

УДК 631.18.002

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

Любченко І. С., аспірантка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Зв'язок між показниками напрацювання [1], обсяги [2], структура [3] та інтенсивність користування техобслуговуючими послугами власниками машин [4], в тому числі і самохідних обприскувачів (далі – СО), в залежності від віку машини індивідуальних власників досліджені за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики (регресійний та кореляційний аналізи, перевірка статистичних гіпотез) [5].

Вплив вікової структури на характеристики потреб в послугах з ТО вивчався з використанням методу статистичного моделювання (Монте-Карло). Критичний огляд літератури виявив надзвичайно мало досліджень в цьому напрямку, що й дозволило визначити доцільність даної роботи (рис. 1).

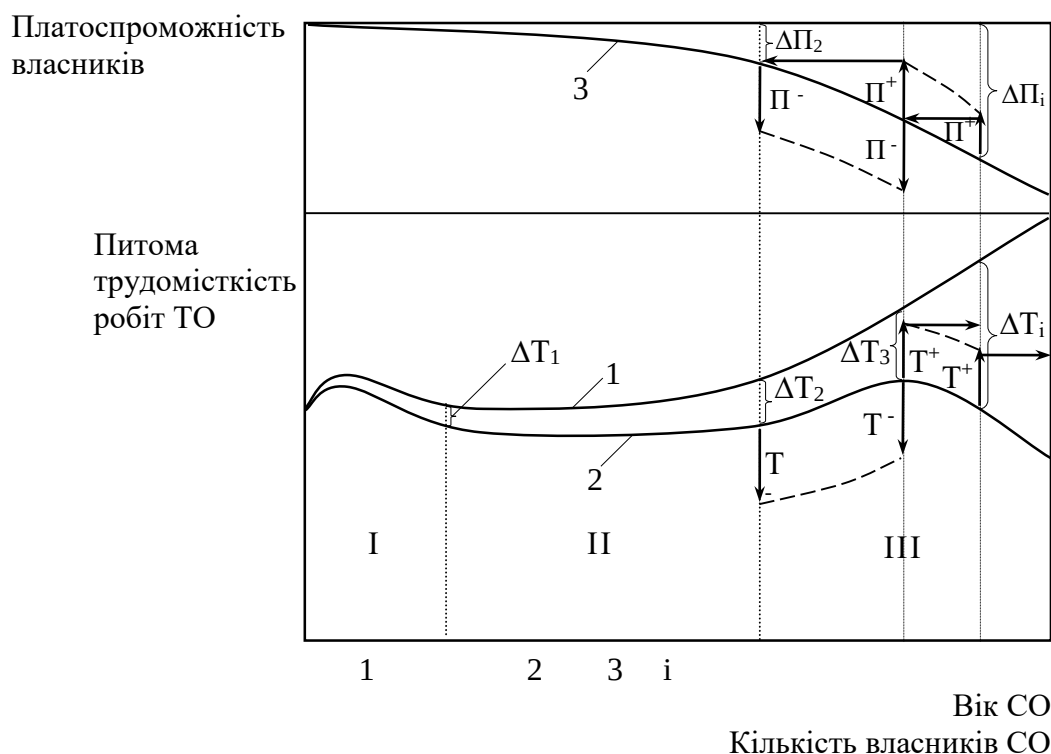


Рис. 1. Закономірність зміни потреб в техобслуговуючих послугах зі збільшенням віку СО індивідуальних власників:

- ← придбання власником СО молодшої вікової групи;
- перехід старіючих СО до наступного власника.

Отримані закономірності, на перший погляд, входять в суперечність з результатами численних теоретичних та практичних досліджень, які вказують на однозначне зростання обсягів техобслуговуючих робіт при переході машини в фазу старіння. Проте вони можуть бути пояснені з точки зору зміни платоспроможності власників зі збільшенням віку машини. Мова йде не про втрату заможності власником машини в процесі його експлуатації, а про перехід старіючої техніки до власників з меншою купівельною спроможністю, що не може не позначитись на показниках користування техобслуговуючими послугами (рис. 1): де 1 – питома трудомісткість робіт з ТО необхідних для забезпечення роботоздатності машини; 2 – питома трудомісткість робіт з ТО, що замовляються на підприємствах техсервісу; ΔT – різниця між потребами в ТО та платоспроможним попитом на послуги ТО; ΔP – різниця в платоспроможності власників нових МЕЗ та власниками старших вікових груп; P^- , T^- – зниження платоспроможності власників МЕЗ та відповідне зменшення попиту на послуги ТО; P^+ , T^+ – підвищення платоспроможності власників МЕЗ та відповідне збільшення попиту на послуги ТО.

Крива 1 описує загальновизнану залежність інтенсивності відмов від віку СО та відповідну зміну питомої трудомісткості робіт з ТО. При цьому, увесь термін експлуатації СО умовно розподіляється на три періоди: I – період припрацювання; II – період усталеної роботи; III – період старіння, коли внаслідок зношеності елементів машини, потреби в ТО роботах невинно зростають. Крива 2 характеризує рівень потреб в послугах з ТО, тобто той обсяг робіт, який реалізується на підприємствах техсервісу. Очевидно, що він завжди менший від загального рівня потреб в ТО, необхідного для забезпечення роботоздатності МЕЗ на величину самообслуговування – ΔT , причому зі збільшенням віку і відповідним зниженням платоспроможності власників (крива 3) ця різниця постійно зростає.

Підвищення купівельної спроможності власника СО (P^+) до певної межі тягне за собою збільшення рівня користування ним послугами ТО (T^+) та відповідне зменшення долі самообслуговування. При подальшому зростанні заможності власника, він віддає перевагу більш новому СО, експлуатація якої є не тільки більш ефективною, але й потребує менше витрат на підтримання роботоздатності.

Старіюча техніка переходить до іншого, менш заможного власника, внаслідок чого й відбувається падіння рівня користування послугами ТО. Оскільки розвиток виробничих потужностей техсервісу потребує врахування лише потреб в послугах з ТО, зміна їх характеристик зі збільшенням віку СО індивідуальних власників і стала предметом подальших досліджень.

Список літератури

1. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical provisions of the influence of completeness of technical control on the reliability of self-propelled sprayers. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of

production processes. 2021. Issue 1 (43). P. 14-21. <https://doi.org/10.32845/msnau.2021.1.3>.

2. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Analytical coefficient of technical readiness of self-propelled sprayers with variable seasonal operating time. Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technologies. XXI International Scientific Conference, village Research, Ukraine, September 22, 2021: abstracts of the conference. Research. 2021. P. 71-75.

3. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. Safety measures in recovery of self-propelled sprayers. OSHAgro – 2021. I International Scientific and Practical Conference, Kyiv, Ukraine. September 30, 2021: abstracts of the conference. Kyiv. 2021. P. 154-157.

4. Liubchenko I. S., Rogovskii I. L. System engineering of self-propelled sprayers of Ukraine. Actual problems of practice and science and methods of their solution. IV International Scientific and Practical Conference, Milan, Italy, January 28, February 2, 2022: conference abstracts. Milan. 2022. P. 588-594.

5. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

УДК 631.354.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЧО-ХРОНОМЕТРАЖНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПОЛЬОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Вельгас О. В., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

З метою дослідження та порівняння затрат часу зміни при виконанні технологічного процесу збирання озимої пшениці в умовах дослідного господарства були проведені польові виробничо-хронометражні спостереження за роботою збирального комбайна – КЗС-9-1, та двома серійними зернозбиральними комбайнами, обладнаними серійними шнековими вивантажувальними пристроями. При цьому методами хронографії та хронометражу проводилось вимірювання затрат часу на виконання окремих циклічних повторюваних елементів операцій технологічного процесу збирання озимої пшениці. Достовірність отриманих експериментальних даних забезпечувалась тим, що польові виробничо-хронометражні спостереження за роботою трьох комбайнів виконувались одночасно і вони працювали на одному

полі. Тобто, нормоутворюючі фактори, що мають вплив на затрати часу при виконанні однакових елементів робочого процесу були ідентичними для досліджуваних зернозбиральних комбайнів. Зведені показники затрат часу за окремими елементами узагальнювались за формою таблиці 1.

Таблиця 1

Зведені дані порівняльних хронографічних спостережень показників роботи зернозбиральних комбайнів, хв.

Шифр елементу операцій	Назва елементу операцій	Зернозбиральні комбайни		
		КЗС-9-1	Серійний (№ 1),	Серійний (№ 2),
1	Основний час, T_p .	327,54	283,54	263,72
2	Повороти і заїзди на загінках, $T_{пов.}$	19,47	17,11	15,41
3	Технологічні зупинки на вивантаження зернового бункера, $T_{тх.}$	11,82	72,45	68,94
4	Зупинки в зв'язку з порушенням технологічного процесу, $T_{тхп.}$	12,06	8,19	16,32
5	Усунення несправностей, $T_{ун.}$	26,47	31,66	36,17
6	Технічне обслуговування комбайна, $T_{то.}$	54,21	39,11	45,44
7	Переїзди на інші ділянки (поля), $T_{пер.}$	0	0	0
8	Простої з організаційних причин, $T_{ор.}$	26,96	11,87	18,56
9	Витрати часу на особисті потреби і відпочинок	29,95	20,13	23,50
10	Простої з метеорологічних причин, $T_{м.}$	48,05	58,80	56,45
11	Підготовчо-заклучний час, $T_{щто.}$	41,53	55,20	53,55
Загальна тривалість роботи		598,06	598,06	598,06
Змінний час $T_{зм.} = T_p + T_{пов.} + T_{тх.} + T_{тхп.} + T_{ун.} + T_{то.} + T_{пер.} + T_{ор.}$		598,06	598,06	598,06

Встановлено, що зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 має більший на 17,2% коефіцієнт використання часу зміни у порівнянні з серійними аналогами за умови, що вивантаження зібраного матеріалу в технологічний транспорт відбувається з зупинками.

УДК 631.3.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ РОЗПОДІЛУ ОПЕРАЦІЙ ЗА ВИДАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Гненюк М. В., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Перелік операцій кожного виду технічного обслуговування кормозбиральних комбайнів та інших машин містить очисні, контрольні, діагностичні, регулювальні, мастильні, заправні, кріпильні та монтажньо-демонтажні роботи, які потребують відповідних технічних засобів, необхідних для проведення високоякісного технічного обслуговування.

Найбільший об'єм робіт припадає на перевірні та регулювальні роботи (31,9%), потім на регулювання та усунення несправностей (29,3 %), решта – на поверхневе очищення (14,81 %), фарбувальні роботи (12,56 %), змащувальні роботи (5,97 %), та заправні (5,4 %).

Умовно ці роботи можна розділити на три частини і сказати, що перша частина всього обсягу робіт припадає на перевірку та регулювання вузлів та робочих органів, друга – регулювання та усунення несправностей, що виникли під час експлуатації кормозбиральних комбайнів і в останню входять: змащувальні, заправні, фарбувальні роботи та поверхневе очищення.

Значний обсяг робіт припадає на регулювальні роботи, як при проведенні регламентного технічного обслуговування так і при усуненні несправностей. Трудомісткість розподілу видів робіт по технічному обслуговуванню кормозбиральних комбайнів представлена на рис. 1.

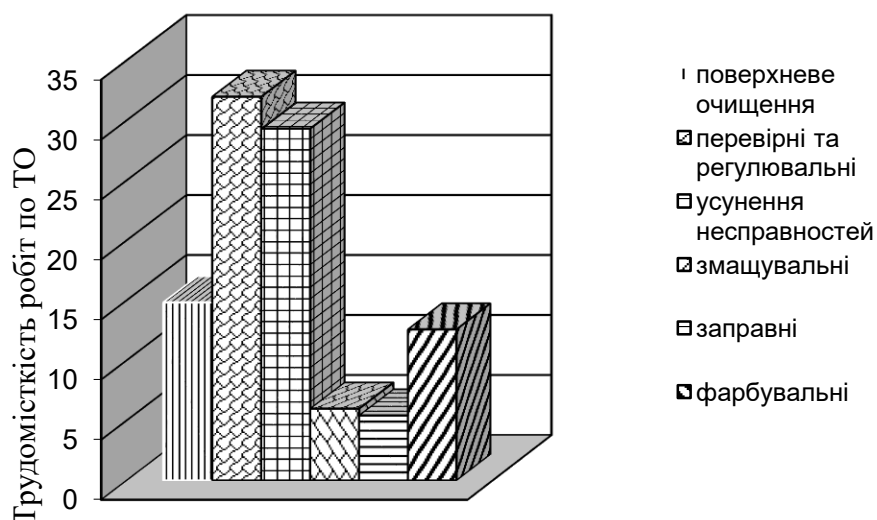


Рис. 1. Гістограма розподілу видів робіт по технічному обслуговуванню кормозбиральних комбайнів.

УДК 631.3.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

FUNCTION OF READINESS OF RESTORED SYSTEM COMBINE HARVESTER

Zadorozhniuk D. V.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The increasing complexity of technical devices, the increasing responsibility of the functions performed by technical systems, increase of requirements to quality of products and their working conditions, the increased role of automation of management of technical objects – the main factors that determined the main direction in the development of the science of reliability [1].

Machines are becoming more complex, the number of items in the tens of thousands [2]. If you do not take special measures to ensure the reliability, any car will almost be unusable [3].

Inadequate by modern standards the quality and reliability of domestic combine harvesters, as a result of their lack of practice identified in the later stages of development and creation, leads to a significant deterioration the operation of the harvesters. It is established that the elimination of constructive and manufacturing failures that reduce the reliability of complex technical systems, in the course of experimental testing requires an order of magnitude more expensive than during design, and at completion of serial products, under operating conditions, these costs increase for another two to three orders of magnitude [4].

For modern harvesters downtime due to the low operational reliability entails a loss, not only related to the costs of removing faults and downtime of the harvester, but the crop losses due to the increase in terms of harvest, biological losses and untimely performance of necessary agro-technical operations [5].

The analysis methods associated with improving the reliability of grain harvesters, showed that one of the possible directions of increase of reliability of combine harvesters in the course of repair and maintenance is a method aimed at reduction of time for repair and recovery ($\tau_B = \tau_p + \tau_d$) combine harvesters by reducing time to repair (τ_p) and delivery (τ_d) in the field of defective parts and assembly units.

Since repair and reconditioning of combine harvesters is largely determined by the effective work of the dealer network, which may not always provide prompt delivery of spare parts to agricultural producers because of the large distances between the dealer and the manufacturer in the absence of the required dealer replacement part, the introduction of distributors' structures (regional warehouses) that could address the shortcomings of the current two-tier system of maintenance.

The presence of regional warehouses, providing the so-called three-tier system of technical service allows to maintain the subordinate dealers and, thus, to bring the warehouses of the manufacturer to the consumers.

The reliability of recoverable systems, which include combine harvesters, estimated by mean time between failures (T_0), flow-rate of failure (λ) average recovery time (τ_B), intensity of recovery (μ), availability (K_T) and other indicators.

Restoring the system with the intensity λ tends to adopt a state of denial, and with the intensity of μ – go to a healthy state. Assuming $\lambda = \text{const}$, one can clearly see how much will increase system reliability by increasing μ (reducing recovery time τ_B) for a certain time t . For example, increasing μ ten times for a time $\lambda/\mu = 1$, the reliability will be increased from $G(t) = 0,41$ and $G(t) = 0,95$. In Fig. 1 is the graph of the function readiness for an exponential distribution with $\lambda/\mu = \text{const}$.

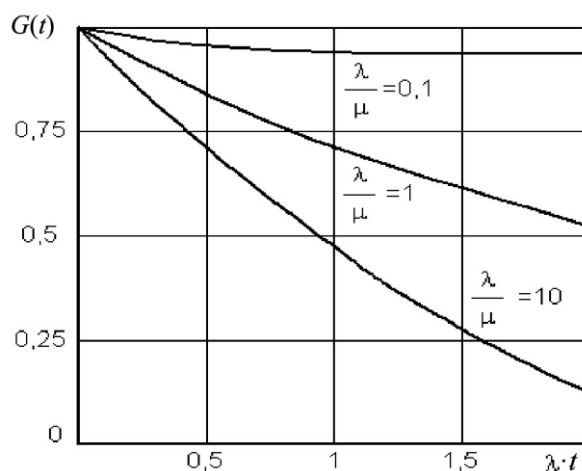


Fig. 1. Function of readiness of recoverable system under various λ/μ

The probability of the healthy state of the system at time t is a function of willingness $G(t)$. This index is a comprehensive indicator of reliability, which assesses two properties of the system – reliability and maintainability. The readiness function $G(t)$ gives an estimate not for the entire period from 0 to t , but only at a given time t , since the restored system could be as healthy (0) and disabled (1) condition:

$$G(t) = f(\lambda, \mu, t). \quad (1)$$

Thus, the availability factor specified in the technical specifications for combine harvesters, represents the probability that the system will be operable in any time, except the planned periods during which the use of the system for other purposes is not envisaged [6].

The transition of a system from the unusable (limiting) condition in working is carried out by means of operations of recovery or repair. To the first, mainly the operation identification failure (determining its location and nature), replacement, management, closing operations, monitoring the health of the whole system. However, in order to repair by replacing the failed node or detail they need to be delivered to the place of repair, which may take a considerable time.

In the analysis of the reliability of the harvester use a number of the most often input assumptions.

1. The flow of failures in the system the simplest, i.e. the requirements of the ordinary, stationarity, and lack of impact ($\lambda = 1/T_0 = \text{const}$).
2. Stream restorations simplest, i.e. $\mu = 1/\tau_B = \text{const}$.
3. Recovery occurs through a repair or replacement and subsequent tuning and health check or health system for one and the same time τ_B .

The use of a model three-level system of storage facilities at the enterprises of technical service allows us to provide prompt delivery of spare parts for combine harvesters within 24 hours, which allows to increase the reliability and efficiency of agricultural production.

References

1. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6(7–108). P. 71-79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.
2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskyi M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
3. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskiy A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 884-890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
4. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 2019. Vol. 18. P. 291-298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.
5. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
6. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.

**СЕКЦІЯ
АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ АПВ**

УДК 656. 388

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

**ФАКТОРИ ПОКРАЩЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ ШВИДКОПСУВНИХ ХАРЧОВИХ
ПРОДУКТІВ**

Панафідніков М. С.

Загурський О. М., доктор економічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для швидкопсувних вантажів важливими критеріями вибору того чи іншого виду транспорту виступають економічна доцільність та технічна можливість забезпечити транспортування вантажу у встановлений термін і без втрат. Втім різні види транспорту взаємозамінні, і тут все залежить від вибору вантажовласника.

Транспортування вантажу автотранспортом – це зручний та економічний спосіб постачання різних груп харчових продуктів, тому автоперевезення продовжують залишатися найбільш популярними серед постачальників швидкопсувних товарів у всьому світі.

Перевагами даного виду постачання продовольчих товарів є висока маневровість та оперативність, регулярність постачання, менш жорсткі вимоги, що висуваються до пакування товару, в порівнянні з вимогами, що висуваються до інших видів транспорту. Основним недоліком автомобільного транспорту є відносно висока собівартість перевезень, причому плата за перевезення стягується за максимальну можливу вантажопідйомність автомобіля.

Отже, перевезення харчових продуктів – відповідальний процес, що вимагає врахування чисельних факторів, які дозволяють забезпечити їх збереження. Постачання цієї групи вантажів завжди пов'язано з низкою ризиків, оскільки на всьому протязі транспортування потребує створення навколо себе особливих умов, що відповідають стандартам його зберігання. Наприклад, забезпечення відповідного температурного режиму чи контролю за рівнем вологості у технології Fresh Logistics – «свіжа» логістика, яка займається просуванням саме швидкопсувних товарів, ринок заготівлі та розповсюдження яких характеризуються короткими термінами зберігання, різною якістю продукції, значними коливаннями попиту та пропозиції.

Розглядаючи основні технології транспортування швидкопсувних харчових продуктів слід зазначити, що незалежно від того, перевозять їх по країні або це міжнародне постачання, набір факторів і умов приблизно однаковий:

- температурний режим;
- термін зберігання або термін постачання;
- пакування та маркування відповідно до типу вантажу, що перевозиться;
- надійна механічна фіксація з використанням палет, ременів, плівки тощо.



Рис. 1. Фактори покращення транспортного забезпечення ланцюгів постачань швидкопсувних харчових продуктів

Разом з тим гарантувати повне виконання умов транспортування протягом усього шляху – набагато складніше завдання, ніж підтримання тих же умов у середині звичайних складських приміщень. У зв'язку з цим, необхідна якісна організація перевезення, що передбачає непередбачені обставини та здатна

вберегти вантаж від їх руйнівних впливів. Тобто грамотне застосування специфічних для кожної групи вантажів технологій перевезення та використання технічних засобів, розуміння особливостей їх роботи, у тому числі тих, що виникають під час руху. А для покращення транспортного забезпечення при доставці швидкопсувних харчових вантажів мають бути проаналізовані та враховані фактори зовнішнього, внутрішнього і навколишнього середовищ (рис. 1).

Застосування визначених засобів при організації транспортно-логістичних систем постачань швидкопсувних харчових продуктів надасть можливість мінімізувати взаємний вплив факторів оточуючого середовища і вантажу один на одного та сприятиме збереженню більшої кількості продукції необхідної якості для споживачів та клієнтів АПК.

Список літератури

1. Дьомін О.А., Загурський О.М. Транспортні технології в аграрному виробництві: Навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2021. 465.
2. Zagurskiy O. M. Modeling of supply processes for perishable foodstuffs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 3, 53-61.
3. Zagurskiy O., Zahurska S., Titova L., Rogovskii I. Of blockchain-technology usage in supply chains. Socio-economic development of the regions in conditions of transformation. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020. 13-22.
4. Zagurskiy O. M., Zhurakovska T. S. Food supply transport and logistics system organizations. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021, Vol. 12, No 4, 53-59.

УДК 67/68:65.011.

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РІВНЯ ЛОГІСТИЧНОГО СЕРВІСУ В ЛАНЦЮЗІ ПОСТАЧАНЬ

Загурський О. М., доктор економічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Взаємозалежність маркетингу та логістики проявляється при встановленні рівня логістичного сервісу, що надається в ланцюзі постачань у момент укладання угоди, а також після її завершення. Маркетинг встановлює значення низки показників логістичного сервісу, що характеризують його рівень. Заданий рівень сервісу реалізується логістичною системою підприємства, підрозділи якої відповідальні за досягнення цільових значень показників. Чим вище заданий

рівень логістичного сервісу, тим вище спричинені ним загальні логістичні витрати.

В ідеальному випадку в результаті взаємодії маркетингу та логістики мають встановлювати оптимальний рівень логістичного сервісу. Розробка оптимізаційної моделі вимагає побудови концептуальної моделі, що є формулюванням завдання в термінах предметної області, і побудови структурної математичної моделі, яка відображає зв'язки і відносини її компонентів.



Рис. 1. Модель «чорної скриньки» концептуальної постановки задачі.

Умови побудови такої моделі наступні:

- логістичний сервіс характеризується значеннями низки показників сервісу;
- кожен показник логістичного сервісу може набувати єдиного значення з безлічі можливих;
- кожному значенню кожного показника логістичного сервісу ставляться у відповідність коефіцієнти, що відображають вплив значень цих показників на виручку та загальні логістичні витрати;

– значення виручки та загальних логістичних витрат при реалізації логістичного сервісу на базовому рівні (базові значення виручки та загальних витрат відповідно) задані.

– базовим рівнем логістичного сервісу є рівень сервісу, який може бути наданий усім клієнтам компанії.

– коефіцієнти при базових значеннях показників логістичного сервісу дорівнюють одиниці.

Потрібно знайти комбінацію значень показників логістичного сервісу, які забезпечують досягнення ланцюгом постачань максимального прибутку. Розрахунок прибутку здійснюється шляхом віднімання від значення виручки значень загальних логістичних витрат.

Слід пояснити, що в нашому дослідженні, під загальними або загальними логістичними витратами маються на увазі загальні операційні витрати ланцюга постачань, які обмежено значенням максимальних допустимих витрат.

Графічне уявлення концептуальної моделі у вигляді моделі «чорної скриньки», що демонструє вхідні та вихідні дані, та впливи представлено на рис. 1, який демонструє перетворення вхідних показників у вихідний з допомогою певних математичних співвідношень, встановлення яких потребує подальшої деталізації зв'язків компонентів моделі.

Список літератури

1. Загурський О.М. Підходи щодо вимірювання показників оцінки логістичного сервісу в ланцюгах постачань. Вісник економіки транспорту і промисловості. №78-79. 2022. 70-77.

2. Zagurskyi O., Pokusa T., Duczmal M., Ohienko M., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Ohienko A. Supply chain logistics service system: methods and models of its optimization. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022. 192.

УДК 343.618-026.87(4)

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД БОРОТЬБИ ЗІ СМЕРТНІСТЮ В РЕЗУЛЬТАТІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ

Соколюк Л. М.

Колосок І. О., кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно з новими даними, опублікованими у лютому, минулого року в ЄС було зареєстровано 20600 смертей на дорогах, що на 3% більше у порівнянні з 2021 роком.

Європейська рада з безпеки на транспорті рекомендує п'ять заходів, які ЄС та європейські уряди мають розглянути для досягнення мети скорочення вдвічі смертності та серйозних травм унаслідок дорожньо-транспортних пригод протягом десятиліття до 2030 року. Серед яких:

1. Підвищити рівень дотримання правил дорожнього руху для зниження основних ризиків, таких як перевищення швидкості, водіння у нетверезому стані та наркотики та відволікання уваги

Ефективне забезпечення дотримання існуючих законів про дорожній рух є безпосереднім, простим та прямим способом підвищення безпеки дорожнього руху. В останні роки в багатьох європейських країнах контроль за водінням у нетверезому стані знизився, перевірки швидкості руху транспортних засобів, застосування ременів безпеки та відволікання уваги водія від керування ТЗ мобільними пристроями широко варіюються по всьому континенту. На рівні ЄС пропонується, щоб кожне правопорушення, вчинене водієм-нерезидентом, відслідковувалося.

2. Збільшити інвестиції у велосипедний рух та пересування пішки.

В останні роки у багатьох країнах почали зростати показники їзди на велосипеді та ходьби. Але смертність серед цих груп користувачів доріг збільшилася, тоді як смертність інших груп, таких як автомобілі, знизилася. Зв'язок між збільшенням числа велосипедистів та збільшенням кількості випадків смерті велосипедистів має бути розірваний шляхом значного збільшення інвестицій в інфраструктуру, таку як безпечні мережі відокремлених від інших учасників руху велосипедних доріжок. ЄС вимагає, щоб великі міста взяли на себе зобов'язання щодо розробки планів стійкої міської мобільності.

3. Зробити недосвідчених водіїв безпечнішими за допомогою змін в отриманні водійського посвідчення.

Згідно з дослідженням, ризик аварії є найвищим для водіїв, які щойно склали іспит – кожен п'ятий потрапляє в аварію протягом перших шести місяців водіння. Європейська рада з безпеки на транспорті має намір опублікувати оновлені правила щодо посвідчення водія у 2023 році та хоче бачити нові вимоги до отримання водійських посвідчень і більше водіння в супроводі, щоб гарантувати, що нові водії не будуть здійснювати найризикованіших видів водіння протягом принаймні першого року їзди дорогами. До таких вимог відносяться водіння в нічний час, водіння з групою молодих людей у машині та водіння після вживання будь-якої кількості алкоголю. Європейська рада з безпеки на транспорті також закликає не знижувати мінімальний вік для самостійного керування в будь-якій категорії транспортних засобів.

4. Встановити відповідні обмеження швидкості, зокрема у містах – 30 км/год.

Європейська рада запропонувала державам-членам ЄС знизити обмеження швидкості як спосіб порятунку життів та скорочення витрати палива та викидів. Але багато що ще потрібно зробити для вирішення проблеми швидкості, яка безпосередньо пов'язана із збільшенням частоти та тяжкості зіткнень. Хоча в

останні роки деякі країни внесли значні зміни, наприклад, у Нідерландах денний ліміт швидкості на автомагістралях 100 км/год. та встановлена Іспанією за замовчуванням межа швидкості у 30 км/год. у всіх міських районах. Європейська комісія пропонує рекомендації щодо вибору безпечної швидкості руху для всіх типів доріг.

5. Неефективне застосування нових заходів безпеки для транспортних засобів.

У 2019 році ЄС погодився запровадити низку нових технологій безпеки транспортних засобів. Остаточні технічні стандарти включали:

- інтелектуальні системи допомоги у виборі швидкості руху, які використовують дратівливі звукові сигнали і, ймовірно, будуть відключені;
- системи попередження про фактори, що відволікають водія від керування транспортним засобом (зокрема мова йдеться про мобільні телефони), і які можуть не завжди спрацювати;
- та реєстратори даних про події, які не є корисними для дослідників безпеки руху.

Європейська рада з безпеки на транспорті закликає терміново переглянути технічні вимоги до всіх трьох систем.

Список літератури

1. Five ways Europe can tackle road deaths. URL: <https://etsc.eu/five-ways-europe-can-tackle-road-deaths>.

УДК 656:316.44

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

СТРАТЕГІЯ СТІЙКОЇ ТА РОЗУМНОЇ МОБІЛЬНОСТІ

Павловський В. В.

Колосок І. О., кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Європейська рада з безпеки на транспорті представила свою «Стратегію стійкої та розумної мобільності» разом із планом дій із 82 ініціатив [1]. Ця стратегія закладає основу для того, щоб транспортна система ЄС мала досягти своєї зеленої та цифрової трансформації та стати більш стійкою до майбутніх криз. Як зазначено в Європейській зеленій угоді, результатом буде скорочення викидів на 90% до 2050 року, що забезпечується розумною, конкурентоспроможною, безпечною, доступною та недорогою транспортною системою.

Мобільність приносить багато переваг для своїх користувачів, проте вона не позбавлена негативу. До нього можна віднести викиди парникових газів,

забруднення повітря, води, надмірний шум а також нещасні випадки та дорожньо-транспортні пригоди, затори та втрата біорізноманіття – все це впливає на наше здоров'я та благополуччя. Викиди парникових газів у транспортному секторі збільшилися і зараз становлять до чверті від загального обсягу ЄС. Найсерйозніше завдання, що стоїть перед транспортним сектором, полягає в тому, щоб значно скоротити його викиди та стати більш стійким.

Екологізація мобільності має стати новим напрямком для зростання транспортного сектора. Мобільність у Європі має ґрунтуватися на ефективній та взаємопов'язаній мультимодальній транспортній системі як для пасажирів, так і для вантажів, яка посилена доступною високошвидкісною залізничною мережею, відповідною інфраструктурою підзарядки та заправки транспортних засобів з нульовим рівнем викидів та постачанням відновлюваного та низьковуглецевого палива.

Всі види транспорту мають стати більш стійкими, з широко доступними зеленими альтернативами та правильними стимулами для стимулювання переходу. Конкретні віхи сприятимуть просуванню європейської транспортної системи до розумного та сталого майбутнього. Зокрема, для того, щоб транспорт став стійким, на практиці це означає:

- збільшення використання транспортних засобів з нульовим рівнем викидів, суден та літаків та пов'язаної з ними інфраструктури – наприклад, шляхом встановлення 3 мільйонів громадських пунктів зарядки до 2030 року;
- створення аеропортів та портів з нульовим рівнем викидів, наприклад, за допомогою нових ініціатив щодо просування стійкого авіаційного та морського палива;
- забезпечення здорової та стійкої міжміської та міської мобільності, наприклад, шляхом подвоєння високошвидкісного залізничного руху та розвитку додаткової велосипедної інфраструктури протягом наступних 10 років;
- екологізація вантажних перевезень – наприклад, шляхом подвоєння залізничних вантажних перевезень до 2050 року, тощо.

Планується до 2030 року:

- щонайменше 30 мільйонів автомобілів з нульовим рівнем викидів будуть експлуатуватися на європейських дорогах;
- 100 європейських міст будуть кліматично нейтральними;
- високошвидкісне залізничне сполучення подвоїться;
- заплановані колективні поїздки протяжністю менше 500 км повинні бути вуглецево-нейтральними в межах ЄС;
- автоматизована мобільність буде розгорнута у великих масштабах;
- судна з нульовим рівнем викидів стануть готовими до виходу на ринок.

Планується до 2035 року:

- великі літаки з нульовим рівнем викидів стануть готовими до виходу на ринок.

До 2050 року:

- майже всі автомобілі, фургони, автобуси, а також нові важкі транспортні

засоби будуть з нульовим рівнем викидів.

- залізничні вантажні перевезення подвоїться;
- високошвидкісне залізничне сполучення потроїться;
- для всеосяжної мережі функціонуватиме мультимодальна

трансевропейська транспортна мережа (TEN-T), обладнана для стійкого та ефективного транспорту з високошвидкісним зв'язком.

Список літератури

1. Sustainable and Smart Mobility Strategy. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0789>

УДК 656.087(4)

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

НОВАТОРСЬКА ЄВРОПЕЙСЬКА СИСТЕМА ЕКСТРЕНОГО ВИКЛИКУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кримі А. Г.

Колосок І. О., кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Багато урядів різних країн намагалися запровадити заходи безпеки для зменшення зіткнень. Більшість цих ініціатив, як правило, зосереджені на покращенні дорожньої інфраструктури. Але багато країн у всьому світі усвідомили можливості, які пропонують технології для підвищення безпеки дорожнього руху.

Європейський Союз вперше застосував цей підхід з eCall (рішенням для екстреного виклику), і ця ініціатива може стати стандартною практикою в усьому світі. Дорожньо-транспортні пригоди є 9-ю провідною причиною смерті та становлять 2,2% усіх смертей у всьому світі. На жаль, людські та економічні наслідки цих трагедій величезні [1]:

- майже 1,3 мільйона людей щороку гинуть у дорожньо-транспортних пригодах, а ще 20-50 мільйонів зазнають травм або стають інвалідами.

- у ЄС у 22 році було зареєстровано близько 800 2019 смертельних випадків у дорожньо-транспортних пригодах;

- 9% смертельних випадків внаслідок дорожньо-транспортних пригод у 2018 році сталися на автомагістралях порівняно з 53% на сільських дорогах та 38% у міських районах.

Оцінки показують, що дорожньо-транспортні пригоди обходяться країнам від 1% до 3% їхнього валового національного продукту щороку, в основному через ціни на лікування для жертв та втрати працездатності.

Європа вирішила діяти. Станом на 31 березня 2018 року кожен новий тип

автомобіля, що продається в Європі, має бути оснащений системою 112 eCall.

Е-Call – це новаторська європейська система екстреного виклику для транспортних засобів, метою якої є надання швидкої допомоги дорожньо-транспортним пригодам у будь-якій точці Європейського Союзу. Вона спрямована на підвищення захисту та безпеки європейців та зниження смертності, спричиненої дорожньо-транспортними пригодами і пов'язаними з ними травмами та втратою майна. Як працює eCall:

1. Екстрений виклик: eCall активується автоматично, коли датчики автомобіля виявляють серйозну аварію. Система набирає європейський номер екстреної допомоги 112.

2. Позиціонування: він встановлює телефонний зв'язок з відповідним центром екстреного виклику та надсилає докладну інформацію про аварію, включаючи місцезнаходження. Galileo, європейський GPS, відіграє ключову роль у тому, щоб зробити позиціонування сигналу пригоди надзвичайно точним.

4. Відповідь: оператори можуть надіслати відповідну допомогу.

5. Більш швидка допомога: eCall може прискорити час реагування на надзвичайні ситуації на 40% у міських районах та на 50% у сільській місцевості. Це може знизити кількість смертельних випадків не менше ніж на 4% та кількість тяжких травм на 6%.

В резолюції Європейського парламенту від 6 жовтня 2021 року щодо рамкової політики ЄС у галузі безпеки дорожнього руху на 2021-2030 роки зазначається, що необхідно розширити категорії транспортних засобів, для яких установка eCall є обов'язковою та приділити особливу увагу двоколісним транспортним засобам із приводом [2].

Список літератури

1. eCall – The EU emergency-call system. URL: <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/inspired/ecall>.

2. European Parliament resolution of 6 October 2021 on the EU Road Safety Policy Framework 2021-2030. URL: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0407_EN.html

УДК 343.618(4)

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ЗБІР ДАНИХ ПРО ДТП В КРАЇНАХ ЄС

Сірик Я. М.

Колосок І. О., кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Існуючі європейські дані про ДТП не завжди можна було порівняти між

різними країнами, головним чином через різні національні системи збору даних про ДТП (Golias та ін.). Данні про ДТП збиралися за різними підходами в країнах ЄС, різні форми збору даних про аварії мають різні структури, а відповідні системи заповнення даних неможливо було порівняти (Yannis, Frantzeskakis та ін.). Це впливало як на якість, так і на доступність даних про ДТП, і, отже, аналіз даних і порівняння між різними країнами ЄС не завжди надійні.

Гармонізація даних про ДТП на національному рівні може бути дуже корисною для аналізу ДТП, використовуючи більш загальні змінні та значення в європейських країнах, а з огляду на покращення сумісності даних про ДТП по всій Європі. Таким чином можна досягти гармонізації даних про ДТП як на національному рівні, так і на рівні ЄС, і поступово будуть доступні додаткові порівняльні дані про ДТП з усіх країн ЄС, що дозволить проводити більш цікавий і повний аналіз.

З цією метою було зібрано інформацію про існуючі національні системи збору даних про дорожньо-транспортні пригоди та визначено потреби різних зацікавлених сторін у різних країнах ЄС, щоб визначити необхідні дані для аналізу дорожньо-транспортних пригод. Національні системи збору даних у всіх державах-членах ЄС були проаналізовані і було сформульовано рекомендацію щодо загального набору даних про аварії, що складається з мінімального набору стандартизованих даних, які дозволять отримати порівняльні дані про ДТП у Європі. Прийняття цього спільного набору даних про аварії є гнучким відповідно до будь-яких національних потреб та/або особливостей, і це може стати надійною основою для розробки відповідного загального набору даних, який буде використовуватися на глобальному рівні.

Отже, на європейському рівні дані про ДТП доступні з 1991 року з розбиттям за окремими країнами в рамках бази даних CARE (база даних Європейської Спільноти про дорожньо-транспортні пригоди, що призвели до смерті або травмування).

Метою системи CARE є створення потужного інструменту, який дає змогу визначити та отримувати кількісні показники проблем з безпекою дорожнього руху на європейських дорогах, оцінювати ефективність заходів із забезпечення безпеки дорожнього руху, визначати актуальність відповідних заходів Спільноти та сприяти обміну досвідом у цій сфері. Це також дає країнам змогу порівнювати свої показники з показниками інших країн та виявити сфери, які потребують додаткових заходів.

Проте, внаслідок відмінностей у способах збору даних про ДТП між країнами ЄС було узгоджено нові рекомендації щодо загальної бази даних про ДТП (CADaS), яка містить мінімальний набір стандартизованих елементів даних, що робить доступними порівнянні дані про ДТП по всій Європі [1].

Отже, більше змінних і значень із загальним визначенням буде додано до тих, які вже містилися в попередніх моделях бази даних CARE. Це дасть змогу максимально використати потенціал бази даних CARE, що дозволить проводити детальніший та надійніший аналіз на європейському рівні.

Список літератури

1. Cadas – A Common Road Accident Data Framework In Europe. URL: <https://www.itf-oecd.org/content/cadas-common-road-accident-data-framework-europe>.

УДК 625.8:657.6

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕННЯ АУДИТУ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Харитоненко М. Ю.

Колосок І. О., кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Аудит безпеки автомобільних доріг це незалежне, системне, технічне та детальне оцінювання впливу проектних рішень на безпеку автомобільних доріг [1]. Оскільки аудит безпеки автомобільних доріг є порівняно новою процедурою забезпечення безпеки доріг, він потребує ефективної організаційної структури з чітким розподілом обов'язків. Необхідно зазначити, що під безпекою автомобільних доріг розуміють сукупність засобів, конструкцій, пристроїв, споруд, характеристик та показників (у тому числі інженерних, конструкторських, технічних, проектних, архітектурних, технологічних та інших рішень), при врахуванні та застосуванні яких забезпечується запобігання та зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод та тяжкості їх наслідків [1].

Відповідно до найкращої міжнародної практики, аудит безпеки автомобільних доріг має здійснюватися на чотирьох стадіях:

- стадія 1: ескізне (або попереднє) проектування;
- стадія 2: детальне проектування;
- стадія 3: підготовка до відкриття дороги (передексплуатаційна стадія);
- стадія 4: початкова стадія експлуатації, після того, як дорога певний час була в експлуатації.

Зазвичай використовуються контрольний список перевірок; на кожній стадії аудиту аудитори безпеки доріг повинні надавати пропозиції щодо покращення ситуації. Загальна процедура аудиту безпеки автомобільних доріг має охоплювати три основні стадії [2]:

1. Замовлення на проведення АБАД.
2. Проведення АБАД.
3. Завершення АБАД.

Наведена схема (рис. 1) описує типову процедуру проведення аудиту безпеки автомобільних доріг (АБАД).

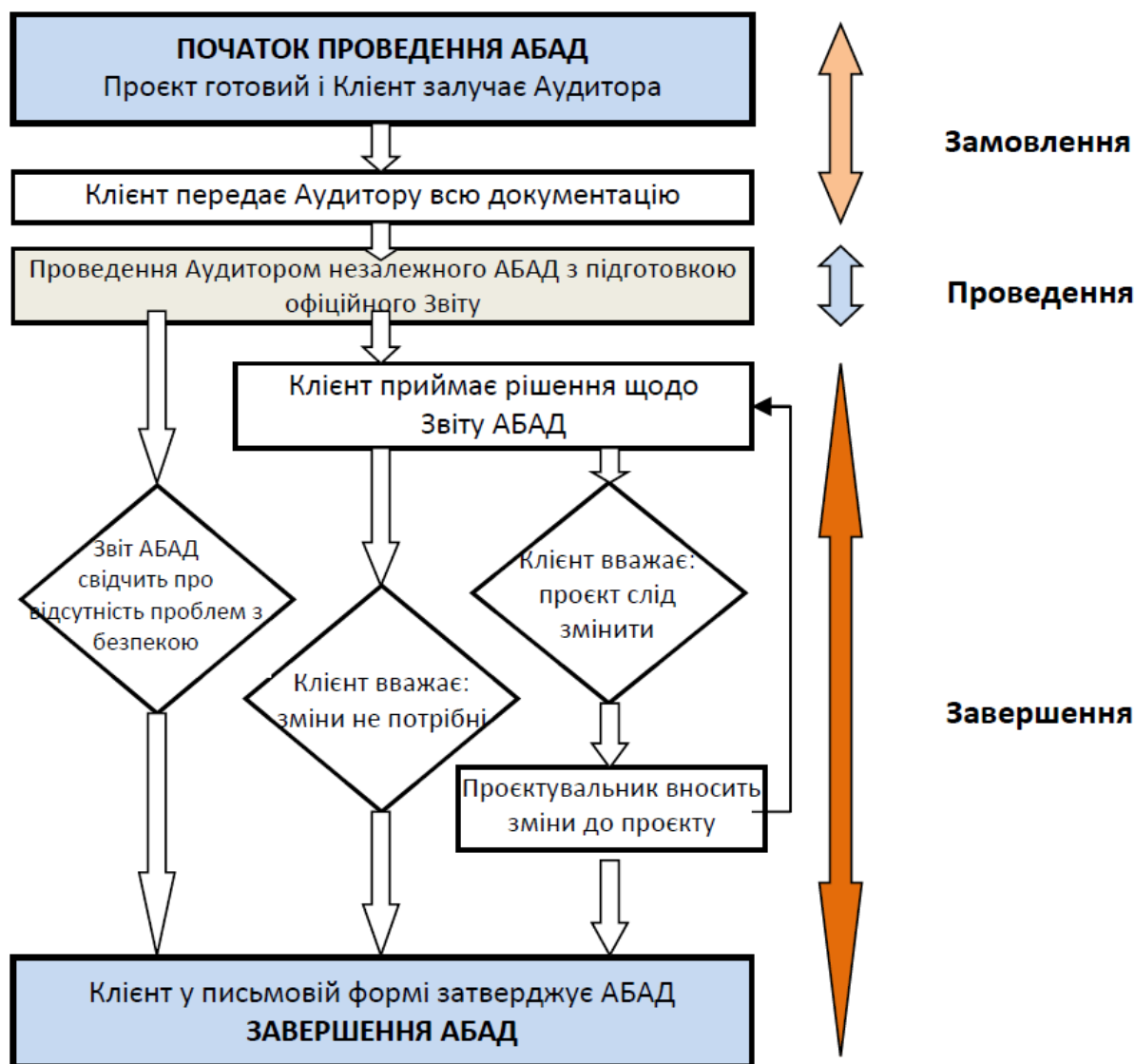


Рис. 1. Типова процедура проведення аудиту безпеки автомобільних доріг.

Важливо, щоб аудитор мав великий досвід у питаннях безпеки автомобільних доріг. Загальна вимога полягає в тому, щоб керівник групи АБАД мав відповідну закінчену вищу освіту, бажано зі ступенем магістра з відповідною спеціалізацією, як-от, проектування руху транспортних потоків (Traffic Engineering), і мати значний досвід у сфері (проектування) засобів безпеки доріг та/або розслідування дорожньо-транспортних пригод. У відповідності із законом “Про автомобільні дороги” аудитор безпеки автомобільних доріг це фізична особа, яка пройшла підтвердження кваліфікації, отримала сертифікат на право проведення аудиту безпеки автомобільних доріг в органі сертифікації персоналу, акредитованому у відповідній сфері, та включена до реєстру аудиторів безпеки автомобільних доріг.

Список літератури

1. Закон України “Про автомобільні дороги”. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text>.

2. Practical Guide for Road Safety Auditors and Inspectors in Ukraine. URL: https://www.roadsafetyfacility.org/publications/practical-guide-road-safety-auditors-and-inspectors-ukraine?fbclid=IwAR143uH9MOK8BqJvJ4jT_PrzllU4THa7zQfj6zYyHAYqB4YzmitMaAZpuDc

УДК 656.053/.057"451*10"

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ГЛОБАЛЬНИЙ ПЛАН ДЕСЯТИЛІТТЯ ДІЙ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Лозман Т. О.

Колосок І. О., кандидат педагогічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Глобальний план розроблено Всесвітньою організацією охорони здоров'я та регіональними комісіями Організації Об'єднаних Націй у співпраці з партнерами по програмі «Співпраця в рамках Організації Об'єднаних Націй у галузі безпеки дорожнього руху» та іншими зацікавленими сторонами у якості керівництва на підтримку проведення десятиліття дій із забезпечення безпеки дорожнього руху (2021-2030 рр.) і досягнення його цілей.

У глобальному масштабі дорожньо-транспортні пригоди щорічно спричиняють майже 1,3 мільйона смертей і приблизно 50 мільйонів травм, що робить їх головною причиною смертності серед дітей та молодих людей у всьому світі. У ситуації, що склалася, вони можуть стати причиною ще 13 мільйонів смертей і 500 мільйонів травм протягом наступного десятиліття і перешкодити сталому розвитку, особливо в країнах з низьким або середнім рівнем доходу. Ці неприпустимо високі цифри, як в абсолютному, так і відносному вираженні, практично не змінювалися протягом останніх 20 років, незважаючи на кропітку роботу Організації Об'єднаних Націй та інших органів, що займаються проблемами безпеки дорожнього руху.

У плані наведені рекомендації, які ґрунтуються на добре відпрацьованих та ефективних діях та оптимальних методах запобігання дорожньо-транспортному травматизму та є докладним описом заходів, спрямованих на створення та вдосконалення безпечних систем. Ці рекомендації можуть використовуватися як джерело інформації для розробки національних планів дій щодо забезпечення безпеки дорожнього руху з урахуванням місцевих умов, наявних ресурсів і можливостей.

В основі плану – підхід «Безпечна система».

Підхід «Безпечна система» – одна з головних особливостей десятиліття дій – визнає, що автодорожній транспорт є складною системою, і ставить безпеку на

перше місце. Він також визнає, що люди, транспортні засоби та дорожня інфраструктура повинні взаємодіяти таким чином, щоб забезпечити високий рівень безпеки. Таким чином, «Безпечна система»:

- передбачає та враховує помилки, властиві людині;
- передбачає проектування доріг та транспортних засобів таким чином, щоб сила удару при зіткненні обмежувалася величиною, допустимою для людського організму, щоб уникнути смерті чи серйозних травм;
- стимулює тих, хто проектує та обслуговує дороги, виробляє транспортні засоби і керує програмами забезпечення безпеки, щоб розділяти відповідальність за безпеку з учасниками дорожнього руху, щоб у разі ДТП вживалися заходи для усунення недоліків у всій системі, замість того щоб звинувачувати тільки водія або інших учасників дорожнього руху;
- орієнтований на постійне вдосконалення доріг та транспортних засобів, щоб забезпечувалась безпека всієї системи, а не лише в тих місцях чи ситуаціях, у яких аварії відбувалися останнім часом;
- виходить із основної передумови про те, що транспортна система повинна зводити до нуля кількість смертей або серйозних травм і що безпека повинна бути на першому плані а не вартість або прагнення скоротити час у дорозі.

Список літератури

1. Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2021-2030. URL: <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>.

УДК 625.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

RISK OF OVERTURNING OF TRUCKS DUE TO SKIDDING WHILE DRIVING ON TURN IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS

Sokyрко A. I.

Marchyshyna Ye. I., PhD

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

During the work of truck drivers, workers may be exposed to the following harmful factors: increased air temperature in the vehicle cabin in the warm period of the year and decreased temperature in the cold period of the year (in the absence of air conditioners); increased temperature of metal and other surfaces in the vehicle cabin in the warm period of the year and decreased - in the cold period of the year; increased concentration of harmful gases in the cabin - nitrogen oxides, carbon monoxide (dioxide), gasoline or diesel fuel vapor, etc.; increased level of noise and vibration; nervous and emotional stress while driving; monotony of work while driving; increased

physical exertion during long-term driving; unsatisfactory state of the vehicle's systems, which determine the car's safety. [1].

Overturning of trucks due to skidding while driving on a turn in adverse weather conditions – this type of dangerous situations is quite typical in agro-industrial production when trucks perform various transport operations or when they move from one field to another. This happens especially often on roads outside populated areas, where steep turning radii and other traffic complications are arranged. Loss of stability by trucks is observed, as a rule, in the case of a change in speed or turning radius. [1].

Traffic rules (TDR) provide for informing drivers with warning signs so that they can take appropriate safety measures:

- reduce the unit's speed, especially on an uneven, slippery road or before a turn;
- do not suddenly turn the steering wheel in the direction of a turn, etc.

If the driver does not comply with these requirements, a dangerous situation may arise with the subsequent transition to a traffic accident (traffic accident).

The specified type of dangerous situation occurs in case of combination and intersection in space and time of different groups of factors, which are based on human and technical components. Among them, it is necessary to indicate a certain level of physical wear of pneumatic tires (the height of the tread pattern must exceed the maximum allowable limit); exceeding the permissible speed of movement; sudden braking on a turn, as well as adverse weather conditions (fog, rain, sleet, ice) or performing work in the dark. [2].

The events that characterize exceeding the permissible speed of a truck and its sudden braking at a turn are related to the personality of the drivers, which is manifested in the low level of their professional training, in particular, in matters of labor protection.

There is a shortage of qualified labor resources on the labor market or there is insufficient labor protection control – the enterprise actually does not have a labor protection service or its activity is unsatisfactory (they do not conduct proper training and relevant briefings on labor protection issues, do not control the technical condition of machines and equipment from the standpoint of their safety, etc.).

There are also cases when drivers are at the workplace in a state of drug or alcohol intoxication, which may be a consequence of the low level of labor discipline and work culture at the enterprise and the unsatisfactory state of occupational health and safety control.

In the case of the coincidence of the specified events in space and time, in the presence of adverse atmospheric phenomena (fog, rain, drizzle, ice) and the corresponding topography of the road (turn), a dangerous situation may arise and form in the form of a car overturning due to skidding on a turn with emergency and traumatic consequences. The risk of a car overturning due to skidding on a turn is $2.248 \cdot 10^{-3}$ [3].

The risk increases the most (almost by 2 orders of magnitude) in the case of sharp turns on the roads, as well as in adverse weather conditions on the road or performing work in the dark. The risk of low-skilled workers is also high – it increases almost 10 times.

References

1. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Кофто Д. Г. Охорона праці у галузі (автомобільний транспорт). Київ. Центр учбової літератури. 2018. 695 с.
2. Марчишина Є. І. Основні кроки в оцінюванні ризиків травматизму на виробництві. Збірник тез доповідей XVI Міжнародної наукової конференції «Рациональне використання енергії в техніці». Київ. НУБіП України. 2020. С. 105-108.
3. Войналович О. В., Мотрич М. М., Кірдаць В. Є. Методи оцінювання виробничого ризику на механізованих роботах у сільському господарстві. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2011. Вип. 107. Т. 2. С. 257-263.

УДК 621.767

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОВОГО ДВЗ Д-240-LPG-B2 З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ТА ПОСЛІДОВНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАЛИВА

Ковальов С. О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Плис С. В.

Ковальов Д. С.

ДП «ДержавтотрансНДІпроект»

Відомо, що для збільшення частки альтернативних джерел енергії, у першу чергу газових моторних палив, у загальній структурі енергозабезпечення українського транспорту з метою зменшення їх експлуатаційних витрат, доцільно переобладнання (конвертація) дизелів у двигуни внутрішнього згоряння (далі – ДВЗ) з іскровим запалюванням. До найбільш екологічно чистих газових моторних паливах відносяться: зріджений нафтовий газ, природний газ (у стисненому або зрідженому стані), суміші природного газу з воднем, водень тощо.

Також відомо, що згідно із світовими обсягами споживань транспортних моторних палив, після традиційних дизельного палива та бензинів, третє місце впевнено займає зріджений нафтовий газ (далі – ЗНГ). До того ж, за останні роки в Україні споживання ЗНГ як моторного палива, насамперед, легковими транспортними засобами (далі – ТЗ) впритул наблизилося до споживання бензинів. Це зумовлено тим, що ЗНГ є найдешевшим моторним паливом в Україні, вартість якого коливається в межах 45...55 % від вартості бензинів.

Таким чином, конвертація дизелів ТЗ у газові іскрові ДВЗ для роботи на ЗНГ дає можливість не тільки зменшити експлуатаційні витрати ТЗ на дизельне паливо за рахунок його 100 % заміни більш дешевим альтернативним газовим

моторним паливом, яким є ЗНГ, а і зменшити рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище.

У зв'язку з цим, останніми роками в ДП «ДержавтотрансНДІпроект» проводяться роботи з розробки електронних мікропроцесорних систем управління газовими ДВЗ, які є призначені для переобладнання транспортних дизелів, що знаходяться в експлуатації, в газові двигуни з іскровим запалювання для роботи на ЗНГ.

Для перевірки та визначення ефективності конвертації дизелів ТЗ у газові ДВЗ в інституті були проведені роботи з переобладнання дизеля 4Ч11/12,5 (моделі Д-240), який встановлено на трактори МТЗ-80 та МТЗ-82, у газовий ДВЗ Д-240-LPG-«В2» для роботи на ЗНГ. При переобладнанні цієї моделі дизеля було демонтовано систему живлення та впорскування дизельного палива і внесені деякі зміни у конструкцію ДВЗ. Зміни стосуються доопрацювання головки блока циліндрів дизеля для встановлення свічок запалювання та поршнів, у яких напівзакрита дизельна камера згоряння ЦНІДІ, що має $\varepsilon = 16$ перетворена у відкриту камеру згоряння у формі осесиметричного «усіченого конусу», що дозволило зменшити ступінь стиснення до $\varepsilon = 9,5$. На газовому ДВЗ встановлено підсистему живлення та багатоточкового послідовного (згідно з порядком роботи циліндрів) впорскування ЗНГ газовими електромагнітними форсунками до впускного трубопроводу, у зону наближену до впускного клапана.

Для забезпечення послідовного впорскування ЗНГ, було модифіковано (доопрацьовано) безконтактну електронну підсистему запалювання з рухомим розподільником напруги. Для реалізації цієї функції було доопрацьовано переривач-розподільник (трамблер).

Модифікація переривача-розподільника (трамблера) проведена шляхом встановлення додаткового задаючого диска з одним постійним магнітом, а також додаткового датчика Холла. Для виготовлення додаткового задаючого диска, а також для компонування його з приводним валом трамблера, були розроблені 3D-моделі. На підставі розробленої 3D-моделі на 3D-принтері було надруковано пластмасовий задаючий диск. Виготовлений диск було закріплено на приводний вал трамблера.

Крім того, газовий двигун був дообладнаний підсистемою наповнення циліндрів зарядом робочої суміші з механізмом байпасного регулювання потоку повітря. Для визначення поточної частоти обертання двигуна на його колінчастому валу змонтовано задаючий диск типу 60-2, навпроти якого встановлено індуктивний датчик кутового положення та частоти обертання двигуна.

Для комплексного управління роботою газового ДВЗ Д-240-LPG-«В2», зокрема для систем управління двигуном, було розроблено і виготовлено сучасний багатофункціональний мікропроцесорний ЕБУ Avenir Gaz 37 рівня «В», побудований на платформі високопродуктивного 16-розрядного мікроконтролера PIC24F (Microchip Technology Inc.). Максимальна тактова частота мікроконтролера складає 32 МГц, а обчислювальна потужність при

робочій частоті досягає 16 DMIPS, що дозволяє управляти роботою газового ДВЗ Д-240-LPG-«В» в реальному масштабі часу. Розроблено алгоритми управління, а також модуль програмного забезпечення (далі – ПМ) рівня «В2», які дозволяють управляти роботою газового ДВЗ Д-240-LPG-«В», зокрема підсистемою багатоточкового послідовного впорскування ЗНГ газовими електромагнітними форсунками до кожного впускного патрубку впускного трубопровода, а також підсистемою наповнення циліндрів зарядом робочої суміші. Стендові випробування газового ДВЗ Д-240-LPG-«В2» були проведені на електричному навантажувальному стенді Zöllner (Німеччина) типу В-350АС із модернізованою мікропроцесорною системою вимірювання та керування.

Визначення працездатності та ефективності розробленої системи управління газовим ДВЗ Д-240-LPG-«В2» з ЕБУ Avenir Gaz 37 рівня «В» із завантаженим ПМ рівня «В2» виконувалось при роботі двигуна на режимах холостого ходу та часткових і повних навантаженнях. Випробування показали, що на всіх швидкісних та навантажувальних режимах роботи газовий Д-240-LPG-«В2» із розробленою електронною мікропроцесорною системою управління з ЕБУ Avenir Gaz 37 «В» працював стійко і без детонації.

Результати випробувань довели, що електронна система управління роботою газового Д-240-LPG-«В2» з ЕБУ Avenir Gaz 37 «В» із ПМ рівня «В2» виконує всі покладені функції. Аналізування осцилограм сигналів, згенерованих додатковим датчиком Холла трамблера, показало, що ЕБУ Avenir Gaz 37 «В» визначає та розраховує момент, тривалість і порядок впорскування газовими форсунками, а також забезпечує послідовне впорскування ЗНГ.

Доведено, що конвертація дизелів у газові ДВЗ для роботи на ЗНГ є ефективним способом зменшення експлуатаційних витрат транспортними дизелями, що, у свою чергу, дозволяє збільшити частку альтернативних видів газових моторних палив у загальному обсязі моторних палив.

УДК 629.113.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОРЕКТОРА «ЗАПАЛЬНОЇ ДОЗИ» ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ГАЗОДИЗЕЛЯ

Ковальов С. О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Патлатюк К. А.

ДП «ДержавтотрансНДІпроект»

В сучасному світі все актуальнішим стає питання забезпечення транспорту екологічно сприятливими нетрадиційними (альтернативними) моторними

паливами. Такі заходи дозволяють замінити частину бензинів та дизельного палива газовим моторним паливом, що цілком відповідає як світовим, так і європейським тенденціям розвитку паливної бази для транспортних засобів. До одного з природних та екологічно чистих видів газових палив відноситься – природний газ (далі – ПГ). Природний газ завдяки більшості своїх позитивних фізико-хімічних та теплотехнічних характеристик розглядається транспортниками та екологами, як одне із найбільш перспективних моторних палив. У зв'язку з тим, що виробництво ПГ не потребує глибокої хімічної переробки первинної сировини, а підготовка до застосування проводиться фізичними методами такими, як стиснення чи зрідження, його вартість, як моторного палива у більшості країн світу зазвичай нижче вартості традиційних рідких моторних палив. Зрідженим природним газом (на англ. мові Liquefied Natural Gas або скорочено – LNG), прийнято називати природний газ охолоджений до температури зрідження, яка дорівнює мінус 161,7 °C.

Слід додати, що при стисненні ПГ від нормальних умов до тиску 19,6 МПа (200 кгс/см²), який відповідає робочому тиску в автомобільних газових балонах, об'єм газу зменшується лише у 250 разів, а при зрідженні від нормальних умов до температури зрідження мінус 161,7 °C об'єм газу зменшується у середньому вже у 600 разів.

Отже, аналіз тенденцій розвитку паливної бази для транспортних засобів показує, що зріджений природний газ на сьогодні розглядається як найбільша альтернатива традиційним рідким моторним паливам.

Розширення використання природного газу дизелями транспортних засобів (далі – ТЗ) може відбуватися за наступними технічними рішеннями:

- переобладнання дизелів ТЗ для роботи за газодизельним циклом (при цьому дизель ТЗ потребує внесенням незначних змін до його конструкції, стає двох-паливним і зберігає можливість працювати як тільки на дизельному паливі, так і на суміші природного газу з невеликою 15-25% «запальною дозою» дизельного палива);

- переобладнання дизелів ТЗ у газові двигуни з іскровим запалюванням (при цьому дизель ТЗ потребує внесення суттєвих змін до його конструкції, стає одно-паливним і може працювати лише на ПГ).

Для сільськогосподарської техніки, такої як дизельні самохідні шасі та особливо потужні колісні та гусеничні трактори (які перебувають в експлуатації), найбільш доцільним є застосування першого технічного рішення для використання ними ПГ. Головною перевагою такого переобладнання є можливість проведення робіт на місці експлуатації, а також робота транспортного двигуна без зменшення потужності.

При розробленні електронних систем управління газодизелями одним з найголовніших завдань, яке необхідно вирішити, є забезпечення оптимальної характеристики подачі «запальної дози» дизельного палива залежно від швидкісного режиму роботи двигуна. У більшості запроваджених конструкцій транспортних газодизелів для забезпечення подачі «запальної дози» дизельного

палива використовується кінематичне від'єднання рейки паливного насоса високого тиску (далі – ПНВТ) від муфти регулятора швидкості, при цьому рейка ПНВТ залишається нерухомою. Характеристики подачі «запальної дози» дизельного палива при цьому визначаються швидкісними характеристиками ПНВТ з нерухомою рейкою, що при підвищенні частоти обертання призводить до зростання подачі «запальної дози» дизельного палива і зменшення заміщення дизельного палива природним газом.

Для усунення зазначеного недоліку у ДП «ДержавтотрансНДІпроект» було розроблено конструкцію газодизельної системи автоматичного регулювання частоти обертання з електронним управлінням подачею «запальної дози» дизельного і газового палива та використанням штатного всережимного механічного регулятора (далі – ВМР) частоти обертання. Для цього було виготовлено дослідний зразок електронного коректора подачі «запальної дози» дизельного палива. Електронний коректор подачі «запальної дози» дизельного палива було розроблено для встановлення на паливний насос високого тиску (далі – ПНВТ) моделі 773.1111005-04Э дизеля Д-245.7-363 (Євро-1). До складу електронного коректора входять: кроковий двигун з редуктором, кронштейн кріплення двигуна до ПНВТ, важелі, тяга, електронний блок управління (далі – ЕБУ), зовнішній налагоджувальний пульт та датчик частоти обертання колінчастого валу газодизеля. Конструкція штатного ВМР частоти обертання такого дизеля завдяки наявності в ньому зовнішнього механізму виключення подачі дизельного палива дозволяє застосувати електронний коректор при переобладнанні ВМР для роботи за газодизельним циклом без внесення жодних змін у його внутрішню конструкцію.

Характеристики подачі «запальної дози» задаються до ЕБУ параметричним способом, тобто завдаються 10...30 точками, що визначаються під час попередніх стендових безмоторних випробувань ПНВТ. При цьому, проміжні значення характеристики, що знаходяться в середині інтервалу між двома точками, визначаються ЕБУ методом кусочно-лінійної апроксимації.

Безмоторні випробування ПНВТ з ВМР та електронним коректором «запальної дози» дизельного палива були проведені на стенді Motorpal NC-108. Було визначено зовнішню швидкісну характеристику та регуляторні гілки ПНВТ, які свідчать про відповідність заводським вимогам до регульовальних параметрів цієї моделі ПНВТ. Показано, що при роботі ПНВТ за дизельним циклом відключений електронний коректор не впливає на штатні характеристики паливоподачі ПНВТ. Безмоторні випробування ПНВТ з електронним коректором довели його працездатність. Конструкція розробленого електронного коректора «запальної дози» дизельного палива та його програмне забезпечення дозволяє формувати необхідну наперед задану характеристику подачі «запальної дози» дизельного палива.

Основною перевагою розробленого електронного коректора є можливість програмного завдання оптимальної характеристики подачі «запальної дози», а також можливість зберігання в його пам'яті одночасно декількох інших

характеристик «запальної дози», що дає можливість вибору водію ТЗ необхідної характеристики залежно від умов експлуатації ТЗ.

УДК 629:113

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДВИГУНА НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО РОБОТИ

*Дмитрів І. В., кандидат технічних наук, доцент
Національний університет “Львівська політехніка”*

На сьогодні недостатньо уваги приділяється питанням умов експлуатації автомобіля, як визначального фактору у вирішенні завдання підтримання його необхідного технічного стану. Виробники транспортних засобів рекомендують проведення технічного обслуговування в діапазоні від 10 до 15 тис. км. не менше 1 разу на рік. Діапазон суттєво залежить від умов експлуатації.

Діюче положення про технічне обслуговування і ремонт [1] приймалося в 90-х та з того часу не змінювалось. Дане положення узагалі не враховує сучасних міжнародних стандартів та тих змін в галузі діагностики автомобільних систем, що відбулись за останні два десятиліття. Усі нормативи та коефіцієнти коректування в залежності від умов експлуатації із врахуванням рівня надійності сучасних автомобілів давно застаріли.

Діагностика двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) має забезпечувати вирішення оперативного контролю параметрів та на їх основі пропонувати рекомендації із подальшої експлуатації. Аналіз останніх досліджень [2, 3] та практика автомобільної індустрії останніх 30 років демонструє, що використання в цих цілях спеціалізованого мікроконтролера або навіть групи мікроконтролерів не підлягає сумніву.

Системи бортової діагностики мають бути складовою систем двигуна. Тому створення перспективного діагностичного обладнання має вирішувати наступні основні завдання [2]:

- 1) формувати бази даних діагностичних параметрів;
- 2) самоналаштовувати межі діагностування параметрів в залежності від умов експлуатації;
- 3) оцінювати стан технічної системи в автоматичному режимі;
- 4) автоматично розвивати алгоритм діагностики системи чи конкретного параметра.

Логічним розвитком діагностичних систем автомобіля є створення модульних систем, в яких діагностика кожного вузла розділяється на окремі

модулі, що дає можливість діагностувати як окремі системи так і автомобіль в цілому.

Джерелом необхідної статистичної інформації слугує електронний блок керування (ЕБК) автомобіля Hyundai Solaris. Для збору даних використаний адаптер OBD II (ELM-237) та смартфон SONY SL26 із встановленим програмним забезпеченням (ПО) (Android OBD-II Reader). Як показує перший запуск автомобіля (рис. 1,а) навантаження на двигун є постійним та не змінюється перші три вимірювання на холостому ході (автомобіль стоїть). Наступні покази - автомобіль переміщується. На холостому ході навантаження на двигун складає близько 22-23%. Під час руху показники варіюються (рис. 1,б).

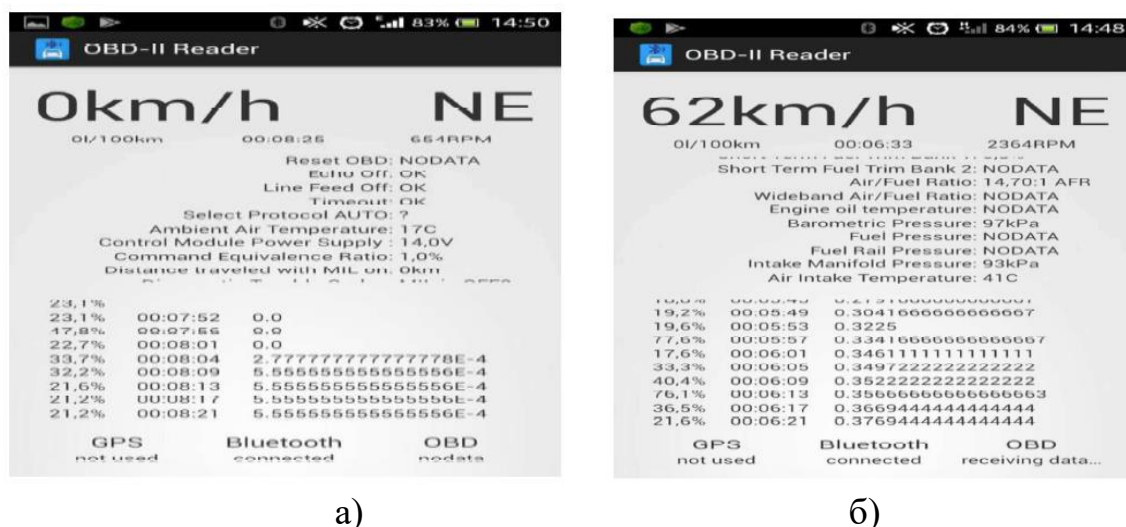


Рис. 1. Перший запуск програми (а) та вимірювання навантаження двигуна під час руху (б).

Експериментальні дослідження проводились із використанням автомобіля Hyundai Solaris за звичних умов експлуатації за період літа та осені 2022 року (рис. 2).

Аналіз отриманих даних (рис. 2) показує, що пробіг автомобіля достатньо слабо зв'язаний з кількістю обертів двигуна та не залежить від навантаження. Відповідно, напрацювання двигуна в кілометрах пробігу використовується усіма виробниками, не відображає інтенсивності спрацювання двигуна (зміни властивостей експлуатаційних матеріалів), оскільки напряму не пов'язане ні з кількістю обертів ні з навантаженням.

Доцільно ввести новий коефіцієнт витрати ресурсу двигуна від рівня навантаження T_H . На основі отриманих експериментальних даних та за відомою методикою [4] було побудовано регресійну модель параметру напрацювання в залежності від навантаження на двигун та частоти обертання колінчастого валу:

$$T_H = -6,01 \cdot 10^{-16} + 8,1481 \cdot 10^{-20} \cdot n_i + 2,4904 \cdot 10^{-17} \cdot i + 5,9035 \cdot 10^{-23} \cdot n_i^2 - 3,9683 \cdot n_i \cdot i - 1,8089 \cdot 10^{-19} \cdot i^2 \quad (1)$$

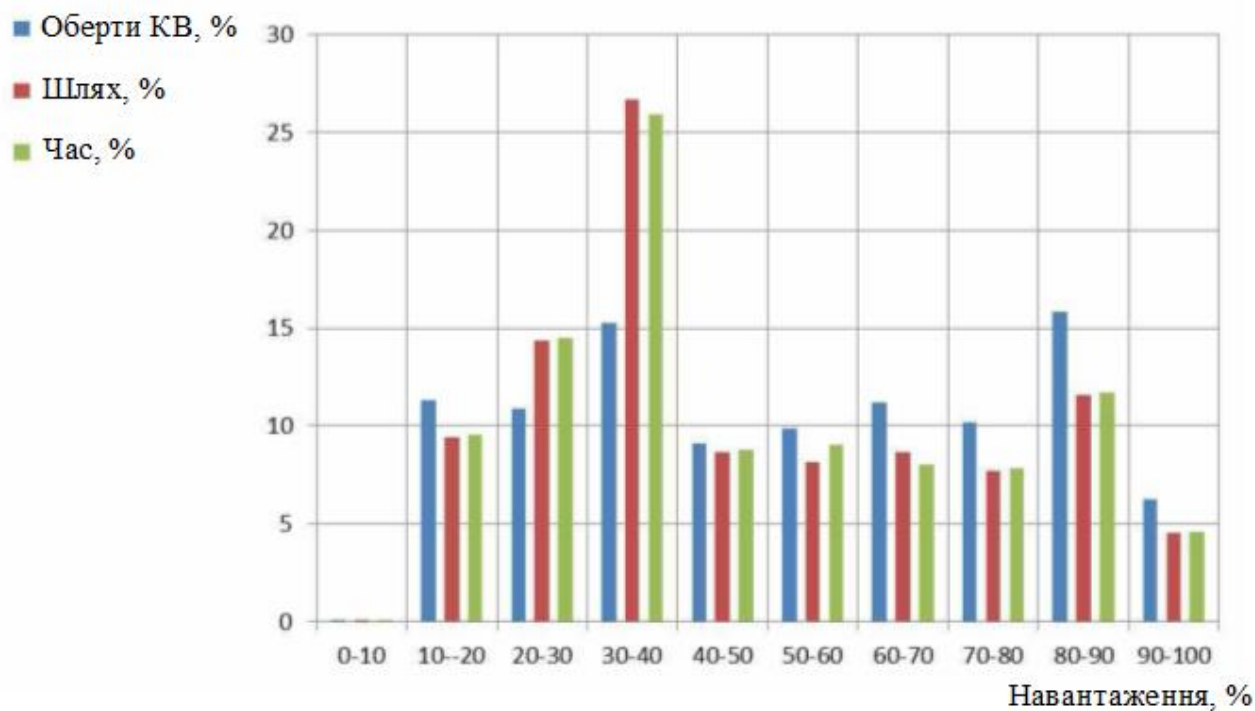


Рис. 2. Гістограма залежності навантаження від обертів колінчастого валу (КВ), шляху, часу в літній період (близько 350 км).

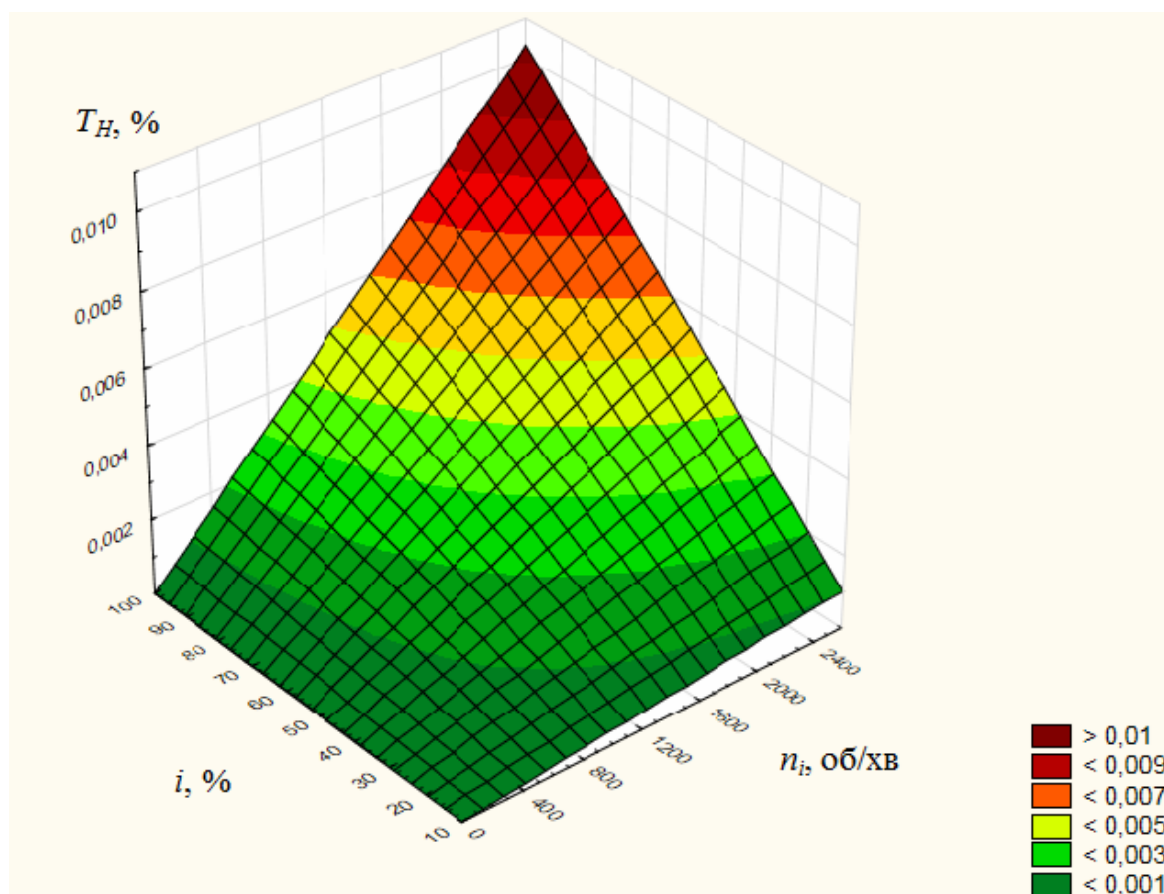


Рис. 3. Залежність напрацювання T_H від кількості обертів колінчастого валу n_i та навантаження на двигун i .

Графічне представлення рівняння регресії у вигляді тривимірної площини, приведено на рис. 3.

Отримано регресійну модель, яка дозволяє кількісно оцінити вплив динамічної зміни навантаження на двигун та частоти обертання колінчастого валу на параметр напрацювання.

Список літератури

1. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0268-98#Text> (дата звернення 08.05.2023).

2. Дмитрів І. В., Дмитрів В. Т. Алгоритмы диагностики двигателей внутреннего сгорания. Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin – Rzeszow, 2016, Vol. 18, № 5. P. 27-33.

3. Chernenko S., Klimov E., Chernysh A., Burlyga M., Dmytriv I. Improvement of technology of vehicle electric motors casing repair. 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/MEES52427.2021.9598614.

4. Дмитрів І. В. Автомобільний транспорт. Теорія і практика наукових досліджень. Навчальний посібник. Національний університет „Львівська політехніка”. Львів : СПОЛОМ, 2019. 316 с.

УДК 658:656

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АВТОТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБИЖЖЯ

Воронков О. А., аспірант

Відокремлений структурний підрозділ "Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування" Національного авіаційного університету,

Застосування перевантажувальної технології збирання урожаю зерна та цукрових буряків шляхом використання міжопераційного компенсатора дозволяє суттєво [1], порівняно з прямими автомобільними перевезеннями продукції, скоротити час збирально-транспортних операцій і в цілому підвищити ефективність збирально-транспортного комплексу (ЗТК) головним чином за рахунок зменшення простоїв збиральних комбайнів (ЗК) під час очікування розвантаження зерна з бункера [2]. Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити також ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні:

- необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простой автотранспорту (АТЗ) до 36% від часу зміни;
- необхідність виконання додаткової операції (в порівнянні з технологією прямих перевезень) - перевантаження зерна із одного транспортного засобу (причепа-перевантажувача) в інший (великовантажний АТЗ).

Метою роботи є підвищення ефективності технології перевезення продукції від комбайнів шляхом обґрунтування перспективного напрямку удосконалення збирально-транспортного процесу.

Результати досліджень. Як показує досвід, напівпричепа – самоскиди (НП) в послідовному поєднанні як з трактором так із автотягачем, можуть виконувати безперервну роботу АТЗ на ділянці «край поля – приймальний пункт (ПП)», де можливі простой АТЗ замінюються на простой тільки НП [3], які виконують функцію компенсатора – спеціалізованого транспортного засобу замість, наприклад причепів ПБН-30, ПБН-40 [4].

З урахуванням позитивних оціночних показників та наявності певного технічного забезпечення, яке дозволяє скоротити тривалість відчіплення-причеплення (ВП) напівпричепа від тягачів, нами прийнято до наступних досліджень схема, за якою транспортування НП в полі для завантаження продукцією виконується трактором із автоматичним сидельним зчіпним пристроєм (СЗП), а подальший шлях до приймального пункту та його повернення виконується автотягачем.

Основна проблема небезпечного застосування обігових НП полягає в необхідності зниження питомого тиску від їх коліс на ґрунт. Ця проблема потребує дослідження та може вирішуватися різними методами: встановленням на трактор задніх здвоєних коліс, тимчасовим перерозподілом маси зерна в кузові НП під час його транспортування в полі, монтажем швидкоз'ємних гусениць для НП та ін.

Використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує мінімальні простой транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

Висновок. Застосування обігових НП в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення як продуктивності ЗК так і підвищення продуктивності АТЗ. Основною проблемою реалізації такої технології, яку потрібно вирішити в наступній науково-дослідній роботі, є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами встановленням на трактор задніх здвоєних коліс, тимчасовим перерозподілом маси зерна в кузові НП під час його транспортування в полі, монтажем швидкоз'ємних гусениць для НП.

Список літератури

1. Воронков О. А., Роговський І. Л. Модель технологічної системи перевезення збіжжя збирально-транспортного комплексу агрохолдингу. Розвиток транспорту. Одеса. 2022. № 2(13) С. 42-52. <https://doi.org/10.33082/td.2022.2-13.04>

2. Воронков О. А., Роговський І. Л. Аналітичні положення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя. Вісник Національного транспортного університету. Серія: технічні науки. 2022. Вип. 1 (51). С. 74-83. <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2022-1-51-074-083>.

3. Voronkov O. A., Rogovskii I. L. Intensification of transport process transport grain bread service working trailers. Strategy of Quality in Industry and Education: XIV International conference, Varna, Bulgaria, June 4–7, 2018: proceedings. Varna. 2018. Vol. II. P. 45–49.

4. Rogovskii I. L., Titova L. L., Voinash S. A., Sokolova V. A., Tarandin G. S., Polyanskaya O. A. Modeling the weight of criteria for determining the technical level of agricultural machines. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 677. P. 022100. doi:10.1088/1755-1315/677/2/022100.

СЕКЦІЯ
SMART ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ
У РОСЛИННИЦТВІ, ТВАРИННИЦТВІ І ПТАХІВНИЦТВІ

УДК 631.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО SMART УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКИМ
ГОСПОДАРСТВОМ

Кудриницький Р. Б., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Днесь В. І., кандидат технічних наук

Крупич С. О., кандидат технічних наук

Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва

Національної академії аграрних наук України

На сьогоднішній день у Світі в контексті розвитку четвертої промислової революції виділяється окремий напрям Agriculture 4.0, який фокусується на застосуванні новітніх технологій в агропромисловому секторі для удосконалення процесів вирощування, збирання та обробки продуктів, зменшення витрат та збільшення врожайності. Agriculture 4.0 – це збірне поняття, яке означає використання передових технологій, таких як штучний інтелект (AI), Інтернет речей (IoT), аналітика великих даних (BigData), робототехніка та точне землеробство в сучасних методах сільського господарства. Цей підхід до сільського господарства має на меті збільшити ефективність сільського господарства завдяки збільшенню продуктивності, зниженню споживання ресурсів та негативного впливу на довкілля, а також зменшенні відходів виробництва або їх використанню [1].

Agriculture 4.0 передбачає інтеграцію різноманітних технологій для поліпшення всіх аспектів сільського господарства, від вирощування та збирання врожаю до логістики поставок. Наприклад, датчики IoT можуть бути використані для контролю рівня вологості ґрунту, росту рослин та здоров'я тварин, а дрони з камерами та штучним інтелектом можуть використовуватися для моніторингу та картографування врожаю. Технології точного землеробства дають змогу фермерам знизити затрати на вирощування до 25% та знизити шкідливий вплив на довкілля, а робототехніка забезпечує виконання технологічних операцій з високою ефективністю та мінімальним впливом людини.

У цілому, Agriculture 4.0 це новий підхід до виробництва сільськогосподарської продукції, який сприяє переходу до більш стійкого, продуктивного та екологічно безпечного сільського господарства.

Штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI) – використовується для створення систем, які можуть виконувати завдання, що зазвичай потребують

людської інтелектуальної дії. Це можуть бути завдання, пов'язані з розпізнаванням образів, розумінням мови, прийняттям рішень, прогнозуванням поведінки і т.д.

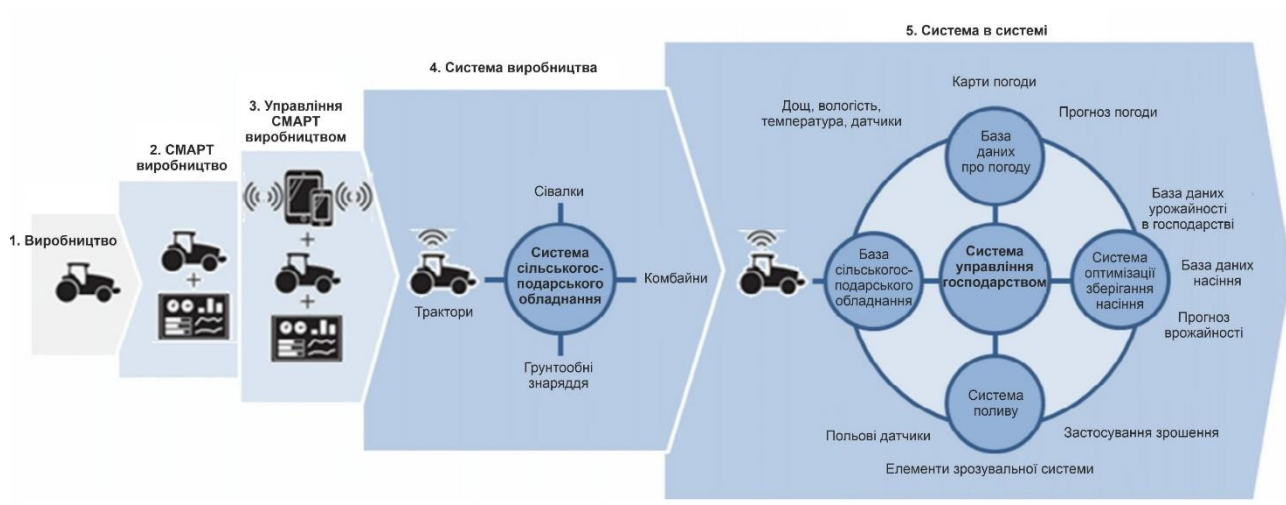


Рис. Концепція SMART системи управління сільським господарством [2]

Інтернет речей (Internet of Things, IoT) – це концепція, що описує здатність різних фізичних пристроїв і об'єктів зібрати і передавати дані через Інтернет без участі людини. Іншими словами, це система об'єктів, які можуть збирати, передавати та обмінюватися даними між собою за допомогою бездротового зв'язку.

Аналітика великих даних (Big Data) – в сільському господарстві використовується для збору, аналізу та інтерпретації великих обсягів даних, що зібрані з різних джерел в сільському господарстві, зокрема з IoT-сенсорів, систем автоматичного збору даних, GPS-трекерів, дронів та ін.

Робототехніка – в сільському господарстві охоплює використання роботів та автономних машин для виконання різноманітних завдань, пов'язаних зі збиранням врожаю, обробкою ґрунту, розсаджуванням, поливом та іншими аспектами сільського господарства.

Точне землеробство – це підхід до землеробства, що дозволяє збирати інформацію про стан ґрунту, рослин та інших факторів, що впливають на врожайність, та використовувати цю інформацію для оптимізації виробничих процесів в землеробстві.

Ідея використання передових технологій у сільському господарстві почала активно розвиватися в кінці 2010-х років, і з того часу цей термін став досить поширеним. Однак, окремі технології, які входять у склад Agriculture 4.0, вже давно доступні на ринку.

Список літератури

1. Dayioğlu, M. A. & Turker, U. Digital Transformation for Sustainable Future - Agriculture 4.0: A review. Journal of Agricultural Sciences, 2021. 27 (4), P. 373–399. DOI: 10.15832/ankutbd.986431

2. Vincent Bonneau, Bertrand Copigneaux, Laurent Probst & Bertrand Pedersen, Digital Transformation Monitor. Industry 4.0 in agriculture : Focus on IoT aspects. July 2017. URL: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/>.

УДК 664.8

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

SMART TECHNOLOGY FOR DRYING FRUIT AND VEGETABLE

Palianychka Nadiia, PhD, Associate Professor
Verkholtantseva Valentyna, PhD, Associate Professor
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

Drying is one of the methods of processing fruit and vegetable products. You can dry all kinds of vegetables and fruits, but carrots, beets, green peas, apples, pears, plums, grapes are most often dried [1].

The main advantages of drying over other preservation methods [2, 3]:

- drying is the most natural method of canning and allows obtaining semi-finished products with a high degree of readiness;
- drying, unlike freezing, does not damage the integrity of cells, but only evaporates moisture from them;
- modern drying methods allow to preserve nutrients;
- drying solves the problem of product ecology and is cost-effective at the same time;
- dried vegetables do not require large areas in warehouses.

Dryers are used to dry fruit and vegetable products. Today, a large number of different dryers are used, one of which is a recirculation dryer.

The use of a recirculation dryer for drying fruit and vegetable products allows you to reduce energy consumption for drying [4, 5]. This is possible due to the placement of the cooler in the air flow, which ensures a decrease in the degree of moisture content of the drying air and increases the specific removal of moisture from the material to be dried. The presence of a recirculation duct reduces energy consumption for drying.

The scheme of the recirculation dryer is shown in Fig. 1. It includes a fan 1, a cooler 2, a nozzle 3 for condensate removal, an air duct 4 for connecting the cooler to the air heater, an air heater 5, made in the form of a refrigerator condenser, an additional condenser 6, an air heater connected by a nozzle with a lattice base 8 of the drying chamber body 9, recirculation air duct 10. Fan 1 and cooler 2 are placed in front of the entrance to the device, cooler 2 is made in the form of an evaporator of a refrigerating machine, nozzle 3 for condensate removal is installed in the lower part of the air duct 4, air heater 5 is made in the form of a condenser of a refrigerating machine and is

placed at the entrance to the body of the drying chamber 9, the exit of which is connected by a recirculation duct 10 to the entrance to the fan 1 [4].

The air, under the action of the fan 1, moves through the cooler 2 to the air heater 5, the cooler is made in the form of an evaporator 2 of a refrigerating machine. When the temperature drops below the dew point after the cooler 2, excess moisture falls out in the form of water vapor condensate and is removed using the condensate drain pipe 3, which is located at the lower point of the air duct 4 for connecting the cooler 2 to the air heater 5.

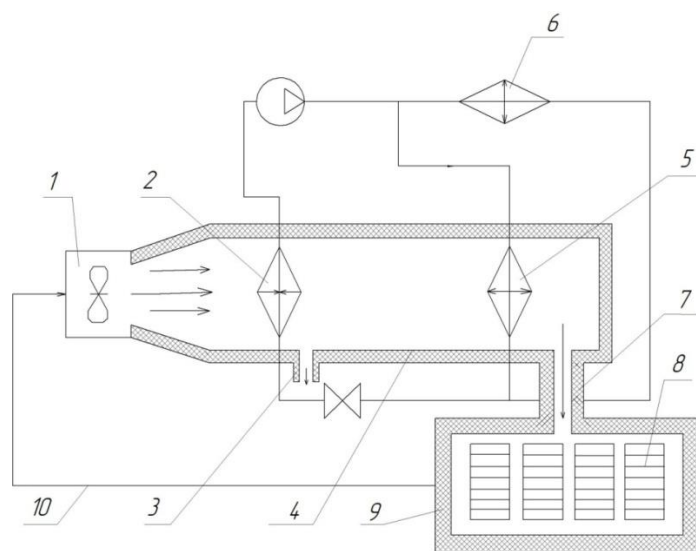


Fig. 1. Scheme of recirculation dryer: 1 – fan; 2 – cooler; 3 – condensate drain pipe; 4 – air duct; 5 – air heater; 6 – capacitor; 7 – nozzle; 8 – lattice base; 9 – drying chamber; 10 – recirculation duct.

Air from which part of the moisture has been removed, enters the air heater 5, made in the form of a condenser of a refrigerating machine. To ensure the normal operation of the refrigerating machine, there is an additional condenser 6. Heated air with low relative humidity enters through the nozzle 7 through the lattice bases 8 in the body of the drying chamber 9, where, due to the low relative humidity of the air, part of the moisture is removed from the material and removed together with the air flow, the recirculation duct 10 ensures the return of part of the air to the entrance to the fan 1.

Conclusions: So, it can be concluded that in order to obtain a high-quality dried product with significantly lower energy costs for the process, it is necessary to use a recirculation dryer.

References

1. Tarasenko T. A. Theoretical study of methods of drying vegetables and fruits. Scientific bulletin of S. Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. 2015. Vol. 17/ № 4 (64). P. 146-158.
2. Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K., Tiwari, B. K. Novel drying techniques for the food industry. Food Engineering Reviews, 2014. 6, 43–55.

3. Singham P., Birwal P. Technological revolution in drying of fruit and vegetables. International Journal of Science and Research (IJSR). 2014. 3 (10). 705–711.

4. Recirculation dryer: Utility Model Patent 125145. Ukraine, F26B 9/00. No. u201712982; statement 27.12.2017; published 25/04/2018; Bull. No. 8/2018.

5. Palianychka N. O., Verkholtantseva V. O., Tsyb V. G. The method of drying fruit and vegetable raw materials. Modern scientific research on the way to European integration: materials of the international scientific and practical forum (June 21-22, 2019) Tavri State University of Agrotechnology named after Dmytro Motorny. Melitopol: FOP Odnorog T.V. 2019. Part 1. P. 102–104.

УДК 631.362

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

SMART ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Роговський І. Л., доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сільськогосподарські машини (далі – машини) з точки зору надійності розглядається як апаратний комплекс в період нормальної експлуатації, для якого характерними є збої та відмови типу “хибний нуль” або “хибна одиниця”, що пов’язані із тимчасовими наслідками прояву фізико-механічних ефектів у елементах машин [1], впливом факторів зовнішнього середовища і т. ін., а інтенсивність відмов практично не залежить від часу, тобто $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$. За таких умов щільність ймовірності розподілу випадкової величини напрацювання до відмови машини дорівнює $\omega(\xi) = \lambda e^{-\lambda\xi}$, де ξ – реалізація випадкової величини напрацювання до відмови Ξ [2].

Працездатність машини характеризується вектором (далі – ВП) $\overline{X}(t) = \|\overline{X}_1(t), \overline{X}_m(t)\|$, де $X_i(t)$ – випадковий процес зміни і-того параметру, $i = \overline{1, m}$.

Оскільки відмови механізмів машин в період нормальної експлуатації мають переважно раптовий характер [3], процес $X_i(t)$ зміни ВП у часі визначається як: $X_i(t) = X_1\Theta(\Xi - t) + X_2[1 - \Theta(\Xi - t)]$, де $\Theta(\Xi - t)$ – дискретна випадкова величина, яка приймає два значення 1 та 0; X_1 та X_2 – неперервні випадкові величини [4], які мають усічений нормальний розподіл із щільностями $q_1(x_1)$ та $q_2(x_2)$, для яких $\int_a^b q_1(u) du = 1$, $\int_{-\infty}^a q_2(u) du + \int_b^{\infty} q_2(u) du = 1$.

В процесі контролю працездатності машин в якості ВП використані параметри якості обслуговування (далі – QoS), які узгоджуються під час встановлення з'єднання тієї чи іншої сервісної категорії. Крім контролю узгоджуваних параметрів якості обслуговування під час ТО контролюються також параметри, які не узгоджуються в процесі встановлення втрати працездатності, але також характеризують якість виконання функцій.

Виконаний аналіз методів оцінки ефективності систем технічного обслуговування та факторів, що мають вплив на вибір показників ефективності ТО машин. Результати аналізу свідчать про доцільність включення до множини показників ефективності ТО, апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи механізмів машин P_A та коефіцієнта оперативної готовності K_{OG} . Доцільність використання показника безвідмовності, тобто апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи, обумовлена необхідністю недопущення ситуації, коли машина повністю виходить з ладу і не має можливості надавати послуги своїм користувачам. А коефіцієнт готовності – це комплексний, тобто інтегральний показник ефективності технічного обслуговування.

Розробка математичних моделей технічного обслуговування зводилась до спроб одержання аналітичних виразів для раніше названих показників ефективності ТО, а також виразів для умовних ймовірностей відмов, які є корисними для аналізу побудованих моделей, наприклад умовної ймовірності “хибної відмови” та умовної ймовірності “невиявленої відмови”.

Припустима область значень цього ВП позначалася як $\overline{D}_x = \|\overline{D}_1, \overline{D}_m\|$, де $D_i = [a_i, b_i]$ – припустима область значень i -го ВП; a_i та b_i – відповідно мінімально та максимально припустимі значення i -го ВП.

Через неідеальність процесів вимірювань під час КП замість реалізації $\overline{X}(t)$ спостерігається реалізація процесу $\overline{Z}(t) = \overline{\Phi}_{xy} \{ \overline{X}(t), \overline{Y}(t) \}$, де $\overline{Y}(t) = \|\overline{Y}_1(t), \overline{Y}_m(t)\|$ – вектор похибок вимірювань $\overline{X}(t)$, $\overline{\Phi}_{xy}$ – певна (найчастіше, адитивна) функція векторів $\overline{X}(t)$ та $\overline{Y}(t)$. За вищевказаних умов процедура КП виконується згідно з таким вирішуючим правилом: якщо $\overline{Z}(t) \in \overline{D}_x$ – машина вважається працездатним; якщо $\overline{Z}(t) \notin \overline{D}_x$ – машина вважається непрацездатним. Отже, у будь-який випадково обраний момент часу t_k під час КП може виникнути тільки якась одна із наступних чотирьох несумісних подій:

$$\begin{cases} h_1(t_k) = \left\{ \Xi > t_k \wedge \left(\bigwedge_{i=1}^k \overline{Z}(t_i) \in \overline{D}_x \right) \right\}, \\ h_2(t_k) = \left\{ \Xi > t_k \wedge \overline{Z}(t_k) \notin \overline{D}_x \wedge \left(\bigwedge_{i=1}^{k-1} \overline{Z}(t_i) \in \overline{D}_x \right) \right\}, \\ h_3(t_k) = \left\{ \Xi \leq t_k \wedge \left(\bigwedge_{i=1}^k \overline{Z}(t_i) \in \overline{D}_x \right) \right\}, \\ h_4(t_k) = \left\{ \Xi \leq t_k \wedge \overline{Z}(t_k) \notin \overline{D}_x \wedge \left(\bigwedge_{i=1}^{k-1} \overline{Z}(t_i) \in \overline{D}_x \right) \right\}, \end{cases}$$

де $h_1(t_k)$ – правильне рішення про те, що машина знаходиться у працездатному стані; $h_2(t_k)$ – помилкове рішення про те, що машина знаходиться в непрацездатному стані; $h_3(t_k)$ – помилкове рішення про працездатність машини; $h_4(t_k)$ – правильне рішення про те, що машина знаходиться у непрацездатному стані.

Для зниження кратності інтегралів у роботі використаний метод декорелюючих перетворень результатів багаторазових вимірювань ВП. У відповідності з цим методом для визначення ймовірностей подій $h_i(t_k)$ замість багатовимірної щільності розподілу системи векторних випадкових величин Ξ та $\bar{Z}(t_1), \bar{Z}(t_k)$ використана щільність розподілу системи скалярних випадкових величин $\Xi, \bar{\Xi}_1^*, \bar{\Xi}_k^*$, що визначається виразом $\omega_0(\xi; \bar{\xi}_1^*, \bar{\xi}_k^*) = \omega(\xi) \prod_{i=1}^k f[(\xi_i^* - \xi)/\xi]$, де ξ_i^* – реалізація випадкової оцінки напрацювання до відмови Ξ_i^* ; $g_i = \xi_i^* - \xi$ – похибка визначення оцінки напрацювання до відмови; $f(g_i/\xi)$ – умовна щільність розподілу похибки вимірювань напрацювання до відмови за умови, коли $\Xi = \xi$. Це істотно спростило ланцюжок математичних перетворень і дозволило одержати аналітичні вирази для показників ефективності ТО, тобто побудувати потрібні математичні моделі. Так формула для визначення апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи для випадку багаторазових вимірювань ВП в загальному випадку має вигляд:

$$P_A(t_k, t) = \frac{\int_0^t \omega(v) \prod_{i=1}^k \int_{t_i-v}^{\infty} f(\varepsilon_i/v) d\varepsilon_i dv}{\int_0^{\infty} \omega(v) \prod_{i=1}^k \int_{t_i-v}^{\infty} f(\varepsilon_i/v) d\varepsilon_i dv}.$$

З урахуванням незалежності інтенсивності відмов машин від часу апостеріорна імовірність безвідмовної роботи визначається формулою:

$$P_A(t_k, t) = \frac{e^{-\lambda t} \prod_{i=1}^k [1 - \alpha(t_i)]}{e^{-\lambda t_k} \prod_{i=1}^k [1 - \alpha(t_i)] + \sum_{j=0}^{k-1} (e^{-\lambda t_j} - e^{-\lambda t_{j+1}}) \prod_{i=1}^j [1 - \alpha(t_i)] \prod_{l=j+1}^k \beta(t_l)},$$

де $\alpha(t_i) = P\{Z_1(t_i) \notin [a, b]\}$; $\beta(t_i) = P\{Z_2(t_i) \in [a, b]\}$; $Z_1(t_i) = X_1 + Y(t_i)$; $Z_2(t_i) = X_2 + Y(t_i)$.

Якщо $t_k = k\tau$, де τ – періодичність обслуговування, то

$$P_A(k\tau, t) = \frac{(1 - \alpha)^k e^{-\lambda t}}{(1 - \alpha)^k e^{-k\lambda\tau} + \beta(1 - e^{-\lambda\tau}) \frac{\beta^k - (1 - \alpha)^k e^{-k\lambda\tau}}{\beta - (1 - \alpha)e^{-\lambda\tau}}},$$

де $t \geq k\tau$; $\alpha = \alpha(t_i)$; $\beta = \beta(t_i)$.

Коефіцієнт оперативної готовності в загальному вигляді визначається виразом:

$$K_{ог}(\theta) = \frac{1}{\mu} \sum_{k=0}^{\infty} \int_{t_k}^{t_{k+1}} \int_{\eta+\theta}^{\infty} \omega(v) \prod_{i=1}^k \int_{t_i-v}^{\infty} f(\varepsilon_i/v) d\varepsilon_i dv d\eta,$$

де η – момент останнього відновлення; μ – середній час між відновленням обладнання.

Якщо $\omega(v) = \lambda e^{-\lambda v}$ та $t_k = k\tau$, то формула для визначення коефіцієнта оперативної готовності приймає вигляд:

$$K_{ог}(\theta) = \frac{(1-\beta)(1-e^{-\lambda\tau})e^{-\lambda\theta}}{\lambda \left\{ \tau(1-\beta e^{-\lambda\tau}) + (1-\beta) \left[t_{xe} \alpha e^{-\lambda\tau} + t_{ne} (1-e^{-\lambda\tau}) \right] \right\}},$$

де t_{xe} – середня тривалість хибного відновлення; t_{ne} – середня тривалість правильного відновлення.

За отриманими аналітичними виразами був проведений аналіз залежностей показників ефективності технічного обслуговування машин від параметрів побудованих моделей. Аналіз залежності апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи від напрацювання та від періодичності прийняття рішення щодо технічного стану машин показав, що за умов повного відновлення та постійної періодичності обслуговування апостеріорна ймовірність безвідмовної роботи машини прагне до устояного значення. Наявність неконтрольованого ВП суттєво зменшує апостеріорну ймовірність безвідмовної роботи, яка із збільшенням напрацювання асимптотично наближується до 0.

Відмічене зменшення умовної ймовірності “хибної відмови” та збільшення умовної ймовірності “невиявленої відмови” за умов зростання систематичної складової похибки вимірювань ВП із збільшенням напрацювання, що в свою чергу призводить до зменшення апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи. При зменшенні систематичної складової похибки вимірювання ВП апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи прагне до устояного значення. Виконаний аналіз показників достовірності багаторазового контролю механізмів машин. З’ясовано, що показники достовірності контролю є убуваючими функціями кількості моментів прийняття рішення щодо технічного стану машин і не залежать від розташування моментів контролю у часі, а залежать від кількості актів контролю і від моменту відмови машини.

Аналіз залежності коефіцієнта оперативної готовності від періодичності обслуговування дозволив зробити висновок, що $K_{ог}$ є випуклою уверх функцією аргументу τ і, отже, має екстремум. Таким чином, є доцільною постановка задачі оптимізації вибору періодичності прийняття рішення щодо технічного стану машин. Для знаходження оптимального послідовного плану ТО машин необхідно вибрати таку мінімальну кількість актів контролю N^{opt} і так розташувати за часовою координатою моменти КП $t_1^{opt}, \dots, t_{N^{opt}}^{opt}$, щоб забезпечити виконання умов щодо припустимого значення апостеріорної ймовірності безвідмовної роботи P_A'' при мінімальних витратах ресурсів $c(\overline{t_1, t_N})$, тобто забезпечити $\min_N \left(\min_{t_1, \dots, t_N} c(\overline{t_1, t_N}) \right)$, за умов, коли $P_A(t_k, t_{k+1}) \geq P_A''$, $k = \overline{0, N}$.

Рівняння для визначення оптимальної періодичності прийняття рішення щодо технічного стану машини отримане у вигляді:

$$P_A^*(\tau) - P_A^{\Pi} = \frac{(1-\alpha)e^{-\lambda\tau} - \beta}{1-\alpha-\beta} - P_A^{\Pi} = 0.$$

На підставі порівняння оптимальних рішень щодо послідовного та періодичного планів обслуговування показана доцільність використання періодичних планів обслуговування машин на практиці.

Список літератури

1. Rogovskii I. L. Engineering management of innovative integrated grain harvesting systems. Обуховські читання: XVII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 30 березня 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 188-191.
2. Rogovskii I. L. Basic conceptual provisions of production management of agroengineering. Крамаровські читання: X Міжнародна науково-технічна конференція, м. Київ, 23-24 лютого 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 175-177.
3. Роговський І. Л. Smart технології розпізнавання втрат зерна в режимі реального часу машиновикористання зернозбиральних комбайнів. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: IX Міжнародна науково-практична конференція, м. Житомир. 5 квітня 2023 року: тези конференції. Житомир. 2023. С. 260-263.
4. Rogovskii I. L. Model of determining the positions of minimizing group connections of complex system of restoration of working capacity of agricultural machinery. Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем: V Міжнародна науково-практична конференція, м. Кропивницький. 19-21 квітня 2023 року: тези конференції. Кропивницький. 2023. С. 52-54.

УДК 631.362

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

SMART ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ САМОХІДНИХ БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Коберник М. В., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Існуюче на сьогодні технічне обслуговування носить планово-попереджувальний характер і передбачає проведення наступних видів ТО, що відрізняються між собою періодичністю та обсягами: контрольний огляд, щоденне технічне обслуговування, номерні ТО та сезонне ТО [1]. Аналіз існуючого ТО показав на його низьку ефективність в умовах обмеженого фінансування та виявив ряд недоліків: недостатньо обґрунтовано періодичність

проведення та обсяги робіт ТО, які не задовольняють вимогам їх мінімальної необхідності для підтримання необхідного рівня технічного стану; стратегії та види ТО є єдиними для зразків різного цільового призначення, незважаючи на відмінність механізмів погіршення їх технічного стану; відсутні операції, які виконуються за технічним станом [2].

Відомі наукові результати не в повній мірі враховують специфічні особливості й фактори, що впливають на надійність, не враховується їх структура, що призводить до неоптимальності і неузгодженості режимів обслуговування різних функціонально пов'язаних підсистем, що входять в один зразок системи ТО; не враховується почасова надмірність для проведення ТО [3].

Задача зводиться до отримання аналітичних співвідношень для обраних показників якості функціонування $K_{\text{ТВ}}(T_k)$ і $C(T_k)$, визначення оптимальних значень періодичності T_k^* контролю технічного стану об'єкта та відповідних їм екстремальних значень $K_{\text{ТВ}}(T_k)$ і $C(T_k)$ [4].

Показано, що в якості математичної моделі процесу функціонування об'єкта із ТО за станом доцільно обрати напівмарківський випадковий процес $x(t)$, у відповідності до якого об'єкт у довільний момент часу може знаходитись в одному із станів: e_0 – стан, в якому об'єкт працездатний і має початкові властивості; e_1 – стан, в якому об'єкт має знижений запас працездатності; e_2 – стан, в якому проводиться відновлення працездатності за допустимий час t_d ; e_3 , e_4 – стани, в яких проводиться контроль технічного стану об'єкта відповідно на другому і першому рівнях запасу працездатності (витрата часу t_{d1}); e_5 – стан, в якому проводиться ТО за допустимий час t_{d1} ; e_6 – стан, в якому об'єкт простоює на відновленні після витрати часу t_d ; e_7 , e_8 – стани, в яких об'єкт простоює під час проведення контролю технічного стану (після витрати резерву часу t_{d1}); e_9 – стан, в якому проводиться ТО після витрати резерву часу t_{d1} ; E_+ , E_- – області працездатних і непрацездатних станів об'єкта відповідно.

За допомогою цієї моделі отримані аналітичні залежності коефіцієнта технічного використання $K_{\text{ТВ}}(T_k)$ та середніх питомих витрат $C(T_k)$ від періодичності контролю технічного стану T_k :

$$K_{\text{ТВ}}(T_k) = \{M_{H1} + A \{ M_H + F(T_k) M_B + [1 - F(T_k)] [M_K + F(T_k) M_{TO}] \} + \\ + [1 - F_1(T_k)] M_K \} \{ M_{H1} + A \{ M_H + F(T_k) t_B + [1 - F(T_k)] [t_K + F(T_k) t_{TO}] \} + [1 - F(T_k)] t_K \}^{-1} \\ C(T_k) = \{ F(T_k) A [c_B t_B + c_{TO} [1 - F(T_k)] t_{TO}] + c_K t_K \{ A [1 - F(T_k)] + [1 - F_1(T_k)] \} \} \\ \{ M_{H1} + A \{ M_H + F(T_k) M_B + [1 - F(T_k)] [M_K + F(T_k) M_{TO}] \} + [1 - F_1(T_k)] M_K \}^{-1} \\ \text{де } A = F_1(T_k) \{ 1 - [1 - F(T_k)]^2 \}^{-1}.$$

Вирази отримані в загальному вигляді при довільних законах розподілу $F(t)$, $F_1(t)$, $F_k(t)$, $\Phi(t)$, $F_B(t)$. Під час розрахунків у ці вирази підставляють конкретні види теоретичних функцій розподілу, отримані в результаті обробки дослідних статистичних даних. Для визначення оптимальних значень періодичності T_k контролю технічного стану об'єкта необхідно взяти похідні від отриманих цільових функцій по T_k і прирівняти їх до нуля. Проте ця процедура призводить

до надмірно громіздких формул, незручних для інженерних розрахунків. Тому оптимальні значення періодичності контролю та відповідні їм екстремальні значення $K_{\text{ТВ}}(T_k)$ і $C(T_k)$ доцільно визначати графічним методом.

Відмінність даної методики від відомих, що складає її новизну і сутність удосконалення, полягає у комплексному врахуванні динаміки зміни рівнів працездатності та почасової надмірності, яка використовується для контролю технічного стану, обслуговування та відновлення бурякозбиральної машини.

В якості об'єкта розгляду обрана підсистема, для якої передбачена стратегія обслуговування із періодичним ТО. В такому об'єкті проводиться два види відновлювальних робіт: планове ТО із періодичністю проведення T (невипадкова змінна величина) та позапланові (поточні) ремонти.

Вихідними даними для розробки методики є: наробіток t_n об'єкта до відмови із відомою (заданою) ФР $F(t)$; тривалості проведення ТО та відновлення – випадкові величини $t_{\text{ТО}}$ та $t_{\text{В}}$ із довільними ФР $\Phi(t)=P\{t_{\text{ТО}} < t\}$ і $F_{\text{В}}(t)=P\{t_{\text{В}} < t\}$ відповідно; середні витрати на проведення ТО ($c_{\text{ТО}}$) та відновлення ($c_{\text{В}}$); допустимий час проведення ТО ($t_{\text{Д1}}$) та відновлення ($t_{\text{Д}}$) – невідповідні змінні величини. Прийняті припущення та обмеження: відмови, що виникають у підсистемі, проявляються миттєво; після закінчення будь-якого виду відновлювальних робіт початкові властивості об'єкта повністю відновлюються; вважається, що $t_{\text{В}} > t_{\text{ТО}}$; розглядається період експлуатації до капітального ремонту.

Необхідно знайти аналітичні співвідношення для обраних показників якості функціонування підсистеми, визначити оптимальні значення періодичності обслуговування та відповідні їм екстремальні значення даних показників. Показано, що в якості математичної моделі процесу функціонування підсистеми із періодичним ТО доцільно обрати випадковий регенеруючий процес $x(t)$, який у довільний момент часу може знаходитись в одному із станів: e_0 – стан, в якому об'єкт працездатний; e_1, e_2 – стани, в яких на об'єкті проводяться відповідно відновлення працездатності за допустимий час $t_{\text{Д}}$ і ТО за допустимий час $t_{\text{Д1}}$; e_3, e_4 – стани, в яких проводяться відповідно ТО і поточний ремонт після витрати резерву часу $t_{\text{Д}}, t_{\text{Д1}}$; E_+, E_- – області працездатних і непрацездатних станів об'єкту відповідно. Точками регенерації такого процесу є моменти переходу у стан e_0 .

На основі цієї моделі отримані аналітичні залежності обраних показників якості підсистеми від періодичності T проведення ТО:

$$K_{\text{ТВ}}(T) = \frac{\int_0^T [1 - F(t)] dt + \int_0^{t_{\text{Д}}} [1 - F_{\text{В}}(t)] dt \cdot F(T) + \int_0^{t_{\text{Д1}}} [1 - \Phi(t)] dt \cdot [1 - F(T)]}{\int_0^T [1 - F(t)] dt + \bar{t}_{\text{ТО}} [1 - F(T)] + \bar{t}_{\text{В}} F(T)}; \quad (1)$$

$$\bar{C}(T) = \frac{(c_{\text{В}} \bar{t}_{\text{В}} - c_{\text{ТО}} \bar{t}_{\text{ТО}}) F(T) + c_{\text{ТО}} \bar{t}_{\text{ТО}}}{\int_0^T [1 - F(t)] dt + \int_0^{t_{\text{Д}}} [1 - F_{\text{В}}(t)] dt \cdot F(T) + \int_0^{t_{\text{Д1}}} [1 - \Phi(t)] dt \cdot [1 - F(T)]}. \quad (2)$$

Вирази (1) та (2) отримані в загальному вигляді при довільних законах розподілу $F(t)$, $\Phi(t)$, $F_B(t)$. Під час розрахунків у ці вирази підставляють конкретні види теоретичних функцій розподілу, отримані в результаті обробки дослідних статистичних даних. Необхідні умови існування екстремуму функцій $K_{TB}(T_K)$ і $C(T_K)$ визначаються шляхом диференціювання виразів (1) та (2) по T і прирівнювання похідних до нуля:

$$\begin{aligned} & \frac{\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt}{\left(\bar{t}_B - \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt \right) - \left(\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)} = -F(T) + \\ & + \lambda(T) \left\{ \int_0^T [1 - F(t)] dt + \frac{\bar{t}_B \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt - \bar{t}_{TO} \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt}{\left(\bar{t}_B - \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt \right) - \left(\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)} \right\}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\frac{c_{TO} \bar{t}_{TO}}{c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO}} = -F(T) + \lambda(T) \left\{ \int_0^T [1 - F(t)] dt + \frac{c_B \bar{t}_B \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt - c_{TO} \bar{t}_{TO} \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt}{c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO}} \right\}, \quad (4)$$

де $\lambda(T) = F'(T)/\bar{F}(T) = f(T)/\bar{F}(T)$ – інтенсивність відмов об'єкта.

Перевірка достатніх умов існування екстремуму функцій $K_{TB}(T)$ та $\bar{C}(T)$ зводиться до перевірки виконання нерівностей:

$$\begin{aligned} & \frac{\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt}{\left(\bar{t}_B - \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt \right) - \left(\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)} \geq V_H(0); \quad \frac{\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt}{\left(\bar{t}_B - \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt \right) - \left(\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)} < \lim_{T \rightarrow \infty} V_H(T); \\ & \frac{c_{TO} \bar{t}_{TO}}{c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO}} \geq V_B(0); \quad \frac{c_{TO} \bar{t}_{TO}}{c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO}} < \lim_{T \rightarrow \infty} V_B(T), \\ & \text{де } V_H(T) = -F(T) + \lambda(T) \left\{ \int_0^T [1 - F(t)] dt + \frac{\bar{t}_B \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt - \bar{t}_{TO} \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt}{\left(\bar{t}_B - \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt \right) - \left(\bar{t}_{TO} - \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)} \right\}; \\ & V_B(T) = -F(T) + \lambda(T) \left\{ \int_0^T [1 - F(t)] dt + \frac{c_B \bar{t}_B \int_0^{t_{A1}} [1 - \Phi(t)] dt - c_{TO} \bar{t}_{TO} \int_0^{t_A} [1 - F_B(t)] dt}{c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO}} \right\}. \end{aligned}$$

Екстремальні значення $K_{TB}(T_{TB}^*)$ та $\bar{C}(T_c^*)$ визначаються із виразів:

$$\max_{T_{TB}} K_{TB}(T_{TB}) = K_{TB}(T_{TB}^*) = \frac{1 + \lambda(T_{TB}^*) \left(\int_0^{t_d} [1 - F_B(t)] dt - \int_0^{t_{d1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)}{1 + \lambda(T_{TB}^*) (\bar{t}_B - \bar{t}_{TO})};$$

$$\min_{T_c} \bar{C}(T_c) = \bar{C}(T_c^*) = \frac{\lambda(T_c^*) (c_B \bar{t}_B - c_{TO} \bar{t}_{TO})}{1 + \lambda(T_c^*) \left(\int_0^{t_d} [1 - F_B(t)] dt - \int_0^{t_{d1}} [1 - \Phi(t)] dt \right)}.$$

Дана методика, на відміну від існуючих в предметній області, що розглядається, враховує почасову надмірність – допустимий час проведення ТО (t_{d1}) та відновлення працездатності (t_d) об'єкта.

Список літератури

1. Kobernik M. V. Accessibility and information scope of technical maintenance of self-propelled beetharvester combines. Обуховські читання: XVII Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 30 березня 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 170-171.
2. Kobernik M. V. Smart technologies of technical control of machine use of self-propelled beet harvesters. Крамаровські читання: X Міжнародна науково-технічна конференція, м. Київ, 23-24 лютого 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 188-190.
3. Kobernik M. V. Smart technologies reduction of feed mixture losses during direct combinement. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: IX Міжнародна науково-практична конференція, м. Житомир. 5 квітня 2023 року: тези конференції. Житомир. 2023. С. 253-255.
4. Kobernik M. V. System of engineering management of technical operation of self-propelled beet harvesters. Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем: V Міжнародна науково-практична конференція, м. Кропивницький. 19-21 квітня 2023 року: тези конференції. Кропивницький. 2023. С. 52-54.

УДК 303.622:62-5:631.37:629

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

SMART SOCIAL NETWORKS AS EFFECTIVE TOOL FOR SURVEYING OF OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINERY

Benashvili Mamuka, DS., Professor
Agricultural University of Georgia

Solving the problem of increasing the efficiency of the operation of MEZ

(mobile power equipment) as a part of MTU (machine-tractor units) by optimizing the parameters and modes of their operation under conditions of unstable variable loads is expedient on the basis of feedback from users of mechanization equipment when performing technological operations in rural and forestry in real conditions of production.

It was established that the survey, as a method of collecting primary information by asking questions to a certain group of people (respondents), is one of the effective, convenient, inexpensive and fast ways, which makes it possible to establish the real problems of the operation of the MEZ as part of the MTU.

Currently, surveys are divided into written (questionnaires) and personal oral (interviewing), face-to-face and absent (mail, telephone, press, surveys using computer technologies), expert and mass, selective and continuous, regional and local, etc. . Questionnaire survey is one of the two main types of survey methods, which is used to obtain empirical information related to objective facts, knowledge, opinions, assessments, and behavior. An important feature of the questionnaire survey is the mediated nature of the interaction between the researcher and the respondent, who communicate using the questionnaire, and the respondent himself reads the questions proposed to him and records his answers. There are five main ways of conducting questionnaire surveys: sending questionnaires by mail; survey by phone; personal interview,

Over the past 10...20 years, modern computers and technologies have appeared that make it possible to automate the collection, storage, analysis and use of survey results and the possibility of data transmission via the Internet. The number of Internet users in the world (including the CIS countries) is constantly growing. The possibilities of the Internet in general, and of social networks in particular, are interesting for conducting a survey, because, firstly, they bring the respondent and the interviewer as close as possible, and secondly, the time spent on passing the questionnaire along the chain is reduced: the interviewer - questionnaire - completed questionnaire - entering the questionnaire into the database - analyzing the questionnaire - presenting the results graphically. Modern programs make it possible to reduce the time of passing data through this chain to literally a few minutes. For comparison:

Advantages of questionnaire express survey: comparative economy; the possibility of attracting large groups of people; good formalization of results; minimization of the researcher's influence on the interviewee; efficiency; saving resources and time (in most cases, it is easier to interview a thousand people online than, say, a hundred people using conventional methods). Disadvantages: the most significant one is the impossibility of controlling the process of filling out the questionnaire, which can lead to the lack of independence of the respondent's answers, influence from the environment; limitations on the range of research that can be conducted today using Internet technologies (the target audience must match the Internet audience); unbiasedness of the sample (if limited to some group with indicators evenly distributed around the average value, then with the introduction of additional research factors, the risk of obtaining a biased sample increases). Obviously, the closer

the Internet audience is to the general population in size, the less likely it is to get a biased sample. A mandatory condition for conducting a survey is strict compliance with the order of the entire procedure, without which it is impossible to achieve reliable research results, online questionnaires as a rule, it is carried out in several stages: preparatory (work on drawing up a research plan and schedule, writing instructions for interviewers, pilotage, which consisted in a logical check and practical approbation on a micro sample and through the experience of experts in the form of consultations (exchange of opinions) regarding the prepared methods; selection and editing of questions included in the questionnaire, as well as solving organizational issues); operative or direct questionnaire; *calculation of results* (processing of the received research data at the final stage with analysis, ranking and formulation of conclusions).

It is necessary to take into account the problem of the respondent's competence in mass surveys (finding out the objective possibility of obtaining reliable information from a given category of the population and accordingly building a sample of respondents), as well as the fact that this survey is an expert survey (the respondents are specialists, their competence in this field should be unconditional and they are really able to express a reasoned opinion).

The general principles, rules and requirements for constructing surveys in general, and questionnaires in particular, can be formulated as follows:

- questions and answers should be constructed from the point of view of the psychology of the interviewee's perception;
- introductory questions should perform two functions: interest of the respondent and maximum facilitation of his inclusion in the work;
- the questionnaire must be filled out by the interviewee independently, therefore its construction and all comments must be extremely clear for the respondent, and the layout of the questionnaire must meet the requirements of simplicity and ease of work for both the interviewee and the coder;
- the least probable answer options should be placed first;
- the first questions should be simpler, followed by more difficult ones, then even more difficult ones, then a decline, and at the end, the most difficult questions;
- answers should be formed as far as possible of approximately the same length;
- all answer options must be maintained at the same level of specificity (people often think very concretely, they are annoyed by the lack of clarity of the situation where it seems extremely concrete to the researcher, so the more general (abstract) the answer is, the less likely it is to choose it);
- all possible answer options should be printed on one page so that the respondent can cover the framework of the ratio of grades together;
- positive and negative answers should alternate in order not to create groups, because as you know, questions located in different sequences will give different information (in this case, the opinion is imposed by the very sequence of the proposed options);
- the list of proposed answers should number 5...9, so that the respondents are not tired during the survey as they progress towards its end (with the last groups of

opinions they work less carefully than with the first ones, or the force of inertia in the answers begins to act);

- it is not allowed to break the text related to one question, and the entire structure of the question must be located on one strip;

- it is unacceptable to use different fonts and different types of questions and answer options (it is advisable to type in different fonts: introductory remarks to a series of questions, the question itself, answer options).

Bearing in mind that the completeness and depth of information depend significantly on the general culture and outlook of the respondents, the authors should also focus considerable attention on the structural parameters of the questions and answers: the complexity of grammar and vocabulary (stylistics and the level of complexity of the grammatical structure and the degree of comprehensibility of the main terms); closed questions must be formulated in terms that do not allow for ambiguous interpretation; to pay attention to such a rather subtle aspect of evaluation information as the asymmetry of the positive and negative poles of evaluations, because when proposing a scale of opinion evaluations, we can almost always rely on the answers of the negative zone (for example, evaluations of dissatisfaction), but with less certainty – on the answers of the positive zone. Given the main disadvantage of open questions is the complexity and time-consuming nature of the data processing procedure due to the fact that So, Internet surveying is a convenient, inexpensive and fast way of conducting express surveys, which allows you to survey a large, geographically wide audience in a short time, process and present data for analysis, however, conducting large-scale research should include both a survey of the Internet audience and that part target audience of Internet research who do not use the Internet.

**СЕКЦІЯ
АГРОТРОНІКА INTELLIGENT FARMING**

УДК 621.631

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

**АГРОТРОНІКА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНИХ
МАШИН МЕТОДОМ АНАЛІЗУ РОЗМІРНОСТЕЙ**

Сівак І. М., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

До основних параметрів, які визначають конструктивні особливості та роботу здатність агрегатів, відносяться:

- 1) маса агрегату G_d , кг;
- 2) навантаження на вісь N_o , Н;
- 3) сила тяги F_T , Н;
- 4) потужність двигуна N_d , Н·м/с;
- 5) швидкість руху v , м/с;
- 6) коефіцієнт зчеплення лемеша плуга з ґрунтом $\psi = \frac{F_T}{G_d}$;
- 7) витрата пального на 1 км шляху q_p , л/км;
- 8) рама машини, що визначає відстань між центрами колісних пар, L , м;
- 9) діаметр колісної пари D , м;
- 10) частота обертання валу двигуна n_d , об/хв.

Навантаження на вісь $G_d = iN_o$.

Завдання вирішимо методом аналізу розмірності (4). Так як деякі наведені параметри, що характеризують роботу здатність і конструктивні особливості агрегату, виходять як похідні, число їх скоротиться і в рівняння увійдуть:

- 1) маса агрегату G_d ;
- 2) сила тяги F_T ;
- 3) потужність двигуна N_d ;
- 4) швидкість v ;
- 5) частота обертання валу двигуна n_d ;
- 6) витрати пального q_p ;
- 7) база агрегату L ;
- 8) діаметр колеса D .

За основні одиниці приймаємо: масу агрегату G_d , кг; швидкість v , м/с; діаметр колеса D , м. Решту параметрів вважаємо похідними. Якщо згідно π-теорему число фізичних величин $N_i = 8$, число основних одиниць $n_0 = 3$, то число симплексів, критерій співвідношень

$$r = N - n_0 = 8 - 3 = 5.$$

У відповідності з π -теоремою можливі рівняння при безрозмірних співвідношеннях:

$$\pi'_1 = F_1(1; 1; 1; \pi'_4; \pi'_5; \pi'_6; \pi'_7; \dots); \quad (1)$$

$$\pi''_1 = F_2(1; 1; 1; \pi''_4; \pi''_5; \pi''_6; \pi''_7; \dots); \quad (2)$$

$$\pi'''_1 = F_3(1; 1; 1; \pi'''_4; \pi'''_5; \pi'''_6; \pi'''_7; \dots). \quad (3)$$

Найдемо критерій відношення. За вихідні параметри в не визначальних критеріях прийемо для π'_1 - F_T ; π''_1 - N_D ; π'''_1 - q_r . Останнє можна представити рівнянням:

$$F_T = \Phi_1(G_D; \nu; N_D; n_D; q_r; L; D; \dots); \quad (4)$$

$$N_D = \Phi_2(G_D; \nu; F_T; h_D; q_r; L; D; \dots); \quad (5)$$

$$q_r = \Phi_3(G_D; \nu; F_T; N_D; n_D; L; D; \dots) \quad (6)$$

Враховуючи рівність розмірності для чисельника і знаменника, знайдемо показники ступенів в критерійних рівняннях.

Для невизначеного критерійного рівняння (6):

$$[F_T] = [C_D^x; \nu^y; D^z] \text{ або } (H) = (\text{кг})^x \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^y (\text{м})^z;$$

звідки

$$1 = x'; 0 = y'; 0 = y' + z' \quad (7)$$

Вирішивши систему рівнянь (7) отримаємо: $x' = 1$; $y = 0$; $z' = 0$.

Тоді,

$$\pi'_1 = F_T / G_D. \quad (8)$$

Аналогічно для останніх рівнянь не визначального симплексу рівнянь (6), (7) $\pi''_1 = \frac{G_D \nu}{N_D}$, або $\pi'''_1 = \frac{q_r n_D}{D \nu}$, заміна G_D на F_T . безрозмірний симплекс прийме вигляд:

$$\pi''_1 = \frac{N_D}{F_T \nu}; \quad (9)$$

$$\pi'''_1 = \frac{q_r}{D^2}, \text{ або } \pi'''_1 = \frac{q_r n_D}{D \nu}, \text{ так як } D = \frac{60 \nu}{\pi n_D}$$

Для визначення симплексів рівнянь (1) – (4), орієнтуючись на рівняння (5) – (7) і (9), отримуємо:

$$\pi'_4 = \frac{N_D}{G_D \nu}, \text{ або } \pi'_4 = \frac{N_D}{F_T \nu}; \quad (10)$$

$$\pi'_5 = \frac{\nu}{n_D D}, \text{ або } \pi'_5 = \frac{n_D D}{\nu}; \quad (11)$$

$$\pi'_6 = \frac{q_r n_D}{D \nu}; \quad (12)$$

$$\pi'_7 = L/D. \quad (13)$$

Рівняння (5) – (7) в критеріальній формі:

$$\frac{F_T}{G_D} = f_1\left(\frac{N_D}{G_D \nu}; \frac{n_D D}{\nu}; \frac{q_r n_D}{D \nu}; \frac{L}{D}; \dots\right); \quad (14)$$

$$\frac{N_D}{G_D \nu} = f_2\left(\frac{F_T}{G_D}; \frac{n_D D}{\nu}; \frac{q_r n_D}{D \nu}; \frac{L}{D}; \dots\right) \quad (15)$$

$$\frac{q_r n_D}{D \nu} = f_3\left(\frac{N_D}{G_D \nu}; \frac{n_D D}{\nu}; \frac{F_T}{G_D}; \frac{L}{D}; \dots\right) \quad (16)$$

Але $\nu = \frac{\pi D n_d}{60}$ і $\pi_5 = \frac{n_d D}{n_d D} = 1$. Виробивши ряд спрощень, розділивши і помноживши симплекс рівнянь (14) – (16) один на одного, отримаємо:

$$\frac{F_T}{G_D} = \psi_1 \left(\frac{N_d L}{G_d q_r n_d} \right)^{m_1}; \quad (17)$$

$$\frac{N_d}{G_d \nu} = \psi_2 \left(\frac{F_T q_r L}{G_d \nu D} \right)^{m_2}; \quad (18)$$

$$\frac{q_r}{D^2} = \psi_3 \left(\frac{N_d L}{G_d \nu D} \right)^{m_3}; \quad (19)$$

де ψ_i, m_i – постійні, визначаються експериментально.

Список літератури

1. Сівак І. М. Інженерний менеджмент стану незалежних елементів системотехніки рослинництва. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2022. Випуск 30(44). С. 63-70. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30\(44\)-6](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-1-30(44)-6).

2. Сівак І. М. Інженерний менеджмент функціонування автоматизованої системи стабілізації ходу сошника посівного агрегату системотехніки рослинництва. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2022. Випуск 31(45). С. 104-112. [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-2-31\(45\)-9](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2022-2-31(45)-9).

3. Сівак І. М. Інженерний менеджмент технологічних параметрів агротехніки виробництва зернових культур системотехніки рослинництва. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2022. Вип. 4(50). С. 121-128. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.4.17>.

УДК 631.3

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АГРОТРОНІКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ РОБОЧОГО ОРГАНУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ STRIP-TILL

Сакунов Д. І., аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліди проводилися на випробувальному полі. Метеорологічні умови за період проведення експерименту суттєво не змінювались. Тип ґрунту – чорнозем звичайний, малогумусовий. Рельєф рівний без схилів. Фон – староорний. Температура навколишнього середовища складала 25°C. Вологість ґрунту в горизонтах, %: 0...5 см – 12,5; 5...10 см – 15,1; 10...15 см – 15,2. Твердість ґрунту

в горизонтах, $\text{кг}/\text{см}^2$: 0...5 см – 15,2; 5...10 см – 15,45; 10...15 см – 15,63. Щільність ґрунту в горизонтах, $\text{г}/\text{см}^3$: 0...5 см – 0,46; 5...10 см – 0,49; 10...15 см – 0,53.

Досліди проводилися згідно з розробленою методикою. За допомогою тензометричної станції, яка вмонтована в кабіну трактора Т-150К, вимірювалось тягове зусилля трактора для різних варіантів робочих органів.

Результати замірів одержані у вигляді осцилограм. Глибина обробітку під час заміру тягового зусилля робочих органів на різних швидкостях була в межах від 5 см до 15 см. Для порівняння затрат енергії кожного робочого органу застосовувався показник питомого тягового опору P .

Одержані під час тензометрування осцилограми показують, що процес зміни тягового опору має вигляд неперервних випадкових коливань відносно середнього значення. Причому характер коливань при усталеному режимі роботи агрегату суттєво не змінюється в часі, тому можна припустити, що характер даного процесу є стаціонарним.

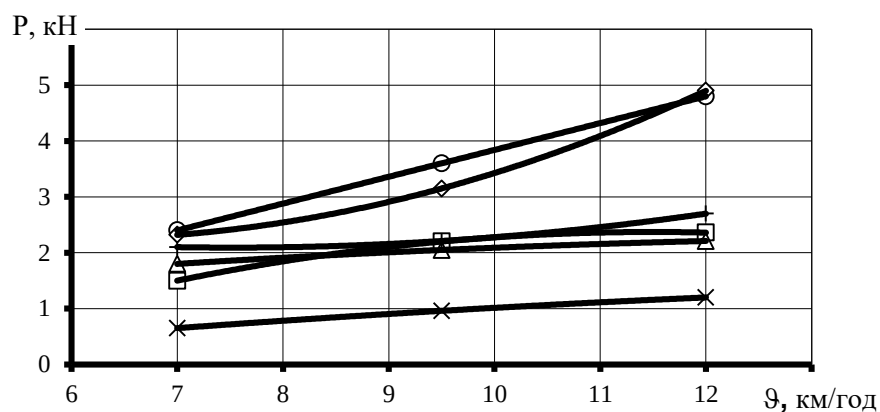
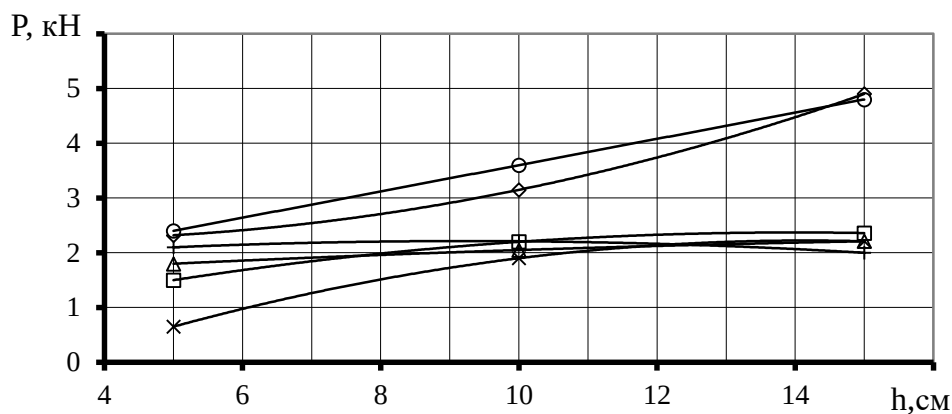


Рис. 1. Залежність тягового опору для різних параметрів робочого органу від глибини обробітку (h) та швидкості руху агрегату (Q):

- $\times$ - варіант А ($\alpha = 5^\circ$, $2\gamma = 30^\circ$); $\diamond$ - варіант Г ($\alpha = 25^\circ$, $2\gamma = 180^\circ$);
- $\circ$ - варіант Б ($\alpha = 25^\circ$, $2\gamma = 30^\circ$); $+$ - варіант Д ($\alpha = 15^\circ$, $2\gamma = 90^\circ$);
- $\square$ - варіант В ($\alpha = 5^\circ$, $2\gamma = 180^\circ$); Δ - варіант Е ($\alpha = 15^\circ$, $2\gamma = 180^\circ$).

На характер зміни тягового опору $P(\tau)$ суттєво впливають глибина обробітку, мікрорельєф поля та ступінь однорідності ґрунту за твердістю [1].

Під час мілкої обробітку ґрунту (до 15 см) на тяговий опір суттєво впливають мікрорельєф поля, кількість коренів рослин в ґрунті.

Дослідження проводилися на глибинах від 5 см до 15 см. Мікрорельєф і вміст коренів був однорідними по всій ділянці проведення досліджень. За таких умов можна визначити всі статистичні показники характеру випадковості процесу.

За результатами проведених досліджень (рис. 1 ($A - \alpha = 5^\circ, 2\gamma = 30^\circ$; $B - \alpha = 25^\circ, 2\gamma = 30^\circ$; $B - \alpha = 5^\circ, 2\gamma = 180^\circ$; $\Gamma - \alpha = 25^\circ, 2\gamma = 180^\circ$; $D - \alpha = 15^\circ, 2\gamma = 90^\circ$; $E - \alpha = 15^\circ, 2\gamma = 180^\circ$)) видно, що питоме тягове зусилля робочих органів усіх варіантів зі збільшенням поступальної швидкості трактора збільшується.

Як видно із графіка (рис. 1), найбільший приріст питомого тягового опору – варіант Γ . Такий характер приросту можна пояснити тим, що під час роботи робочого органу проходить переважно процес зминання скиби, а не сколювання. Як відомо, процес зминання є більш енергомістким, ніж сколювання.

В інших варіантах робочих органів приріст питомого тягового опору є меншим і проходить рівномірно. Якщо приріст питомого тягового опору при зміні глибини обробітку від 5 см до 15 см для варіанта A склав 0,55 кН, то для варіанта Γ – 2,2 кН. Виходячи з питомого тягового опору робочих органів, можна визначити, скільки затрачається енергії на руйнування скиби.

Осцилограми, отримані під час досліджень, являють собою гармонійні коливання різної частоти і амплітуди.

Частота коливань залежить від стану ґрунту і характеру взаємодії з ним робочого органу.

У разі, коли відсутні під час руху робочого органу в ґрунтовому середовищі такі явища, як залипання ґрунту, защемлення оброблюваного шару ґрунту на робочому органі, то крок коливань буде малим, але частота високою.

Це явище спричинюється властивостями ґрунту, тобто неоднорідністю ґрунту, нерівномірністю розподілу в ґрунті коренів рослин.

Під час роботи на пересушених ґрунтах, як це було в нашому випадку, які за своєю характеристикою є неоднорідні за твердістю та сприятливими до зсуву, крок коливань тягового опору збільшується, а спектр частоти коливань змінюється від високочастотних до низькочастотних.

Якщо під час зміни тягового опору переважають коливання певної частоти і амплітуди, то такий процес є впорядкованим, а якщо переважання будь-яких частот не спостерігається, то процес зміни тягового опору має характер “білого шуму”.

Негативний вплив на динаміку агрегату мають переважаючі низько частотні коливання тягового опору.

В ідеальному випадку зміна тягового опору матиме вигляд прямої лінії, а на практиці наближеним до ідеального є характер зміни тягового опору, коли процес проходить з мінімальним кроком і частоти – однакові по величині.

Список літератури

1. Сакунов Д. І. Структурність машиновикористання технології Strip-Till. Крамаровські читання: X Міжнародна науково-технічна конференція, м. Київ, 23-24 лютого 2023 року: тези конференції. Київ. 2023. С. 217-221.

УДК 631.23

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АГРОТРОНІКА ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ НА ГЛИБИНІ ЗАРОБКИ НАСІННЯ

Парахова Л. Я.

Сердюченко Ю. Ю., кандидат технічних наук

Ізмаїльський агротехнічний фаховий коледж

Для визначення просторової зміни твердості ґрунту в лабораторно-польових умовах був використаний пенетрометр FIELDSCOUT SC 900 (рис. 1). Ділянка – підготовлене поле під посів. Під час проведення досліджень пенетрометр працював із зовнішнім модулем GPS, що дало змогу записувати в автоматичному режимі координати кожної точки визначення твердості.



Рис. 1. Робота із пенетрометром FIELDSCOUT SC 900.

Пенетрометр обладнаний ультразвуковим датчиком глибини занурення щупа, що дає можливість фіксувати твердість по шарах із кроком 2,5 см.

Вимірювання твердості ґрунту відбувається шляхом рівномірного занурення щупа в ґрунт, при цьому, швидкість занурення, що відповідає стандарту ASABE, не повинна перевищувати 2,5 см/с.

Для отримання загального просторового відображення зміни твердості ділянки розміром 10х10 м, вона умовно накривалася сіткою із квадратними гніздами, сторона яких дорівнювала 0,5 м. За результатами вимірювань були побудовані тривимірні поверхні (рис. 2).

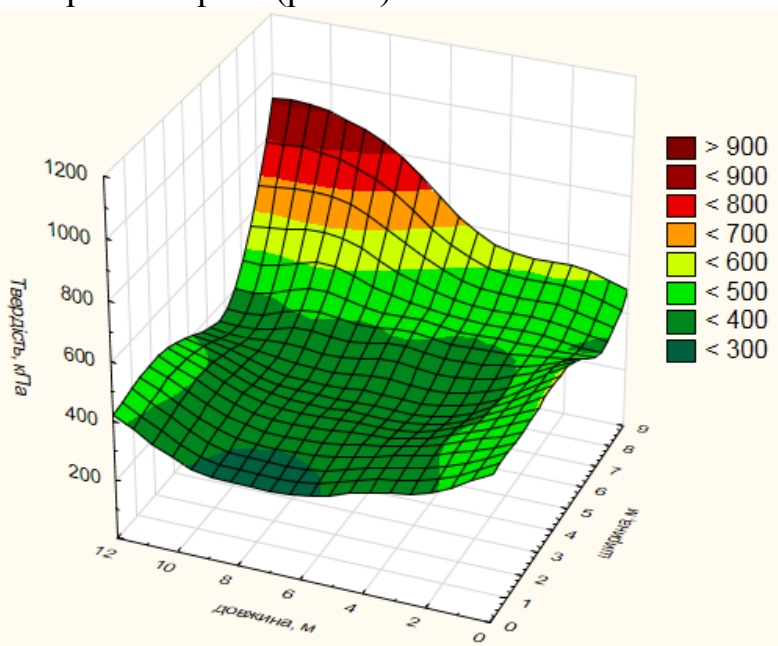


Рис. 2. Зміни твердості ґрунту на глибині 0,05 м, кПа.

З рисунку видно, що твердість ґрунту на даній ділянці змінюється в широких межах від 175 до 1015 кПа (близько у 6 разів).

Для отримання характеру зміни твердості по довжині гону із більшою деталізацією були проведені вимірювання вздовж залікової ділянки з інтервалом 0,1 м (при довжині залікових ділянок 5 м). Одна з них відображена на рис. 3.



Рис. 3. Твердість ґрунту на глибині 0,05 м, кПа.

Графік (рис. 3) показує діапазон зміни твердості ґрунту в межах 100-1100 кПа, на заліковій ділянці 5 м. Така просторова неоднорідність твердості

грунту накладає додаткові умови функціонування посівного агрегату в полі, зокрема на забезпечення стабільності глибини ходу сошника.

УДК 631.23

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

IDENTIFICATION AND PREDICTION OF MOISTURE DISTRIBUTION IN SOIL FOR IRRIGATION CONTROL

Al-Khazaal Haider Raad Nadym, DS, Professor
College of Agriculture University of Diyala, Baqubah, Iraq

Soil irrigation is known to be the most efficient way to increase the plots productivity among various agrotechnical methods. Retaining the correct water level for specific plant culture allows to receive the maximal crop. This task is solved by modern irrigation systems that manage different parameters from external environment and choose the necessary control impact. From the other side, the irrigation changes the wide set of soil parameters and effects on the destructive phenomena progress, such as soil erosion and salinization. The probabilistic nature of various processes complicates the general soil parameters accounting, which results in errors in water resources use and selection of irrigation standard. Thus it is important to consider not only the initial physical and chemical soil parameter, but also the general dynamic of stochastic processes of soil degradation.

Wide amount of research work is focused on analysis of structural soil changes under the external environment influence – the fractal model of soil structure is considered as well as water conduction index for specific models. The general provision of rain machines ecological reliability and assessment of irrigation erosion permissible norms are presented in [1]. An influence of soil faults and cracks on infiltration characteristic were analyzed in [2, 3]. The authors show that traditional methods for assessment of infiltration speed give the incorrect description of soil water level by omitting the soil cracks during soil humidification. Various publications are devoted to the analysis of preferential flow and its features.

The main aim of conducted research work is to analyze identification schemes of the infiltration characteristic during the irrigation and prediction of humidity distribution in the soil to properly organize irrigation process.

Let us consider the porous substance as fractal structure to construct mathematical model of the fluid flow in the porous medium. The dendritic structure with fractal dimension $D \approx 1.7$ can be obtained in the simplest case. The consideration of the probability of part adherence to the cluster – p increases the model flexibility and approximates it to the real conditions of moisture distribution with the presence of

soil inhomogeneity. The minimal value of probability coefficient that will increase in time under the influence of adverse factors can be treated as initial model state.

This merges the preferential flows appearance and violates the general moisture distribution in the soil. The graphics show that deep is increased with the reduction of moisture amount in the topsoil. The inhomogeneity of distribution characteristic effects the assessment accuracy and complicates the irrigation systems management.

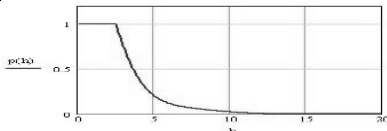
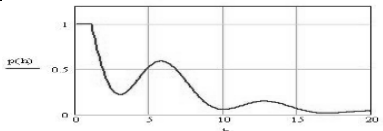
The transfer function of the second-order inertial oscillating cell was used as base for description of the output moisture distribution function (Table 1). The picture 1 shows the management structural scheme. An artificial neural network (NN) was applied to identify and predict moisture distribution characteristics.

The condition of moisture distribution in the soil under the constant irrigation norm within the presented model can be shown as following equality:

$$\int_0^{h_1} p_1(h)dh = \int_0^{h_2} p_2(h)dh \text{ при } V = const, \quad (1)$$

where p_1 and p_2 are relative humidity with different distribution variants; h – deep, m; V – volume, m^3 .

Table 1

Transfer function of inertial oscillating cell		
$W(p)$	Standard distribution characteristic	High inhomogeneity
$W(p) = \frac{k}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1}$		

The resulting moisture distribution function is compared against the standard model and sent to the NN input. The training set for NN was received from fractal model. NN modelling and synthesis was performed in MATLAB.

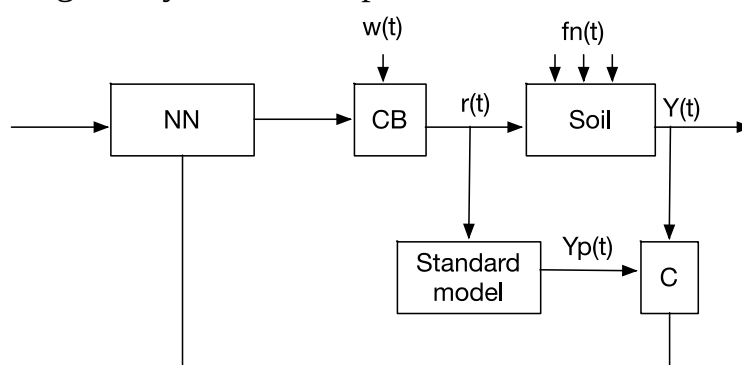


Fig. 1. Changes identification scheme in soil structure: CB – control block, C – control.

The combination of classical algorithm of back error propagation with coefficient of the learning speed adaptation along with it's modified variant with “inertia” of weight and displacement correction was applied to train NN (Fig. 2).

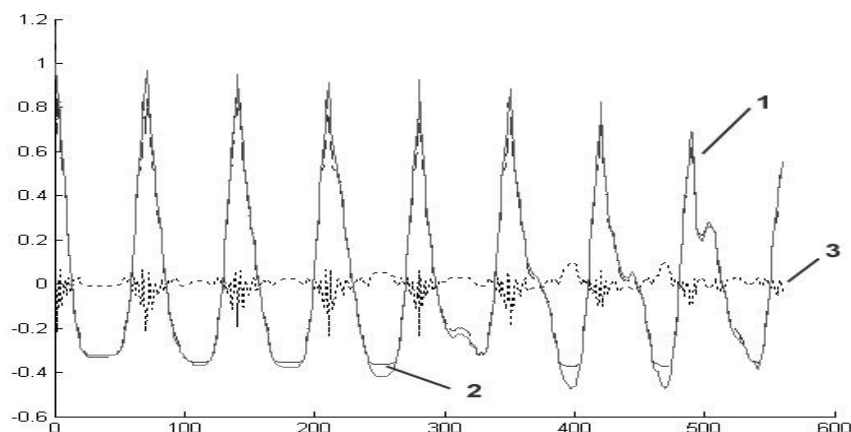


Fig. 2. Moisture distribution modelling results: 1 – correlation of moisture distribution functions; 2 – NN result; 3 – error.

Conclusions. 1. The presented application of NN and experimental semi-empirical data allows to predict changes in soil structure during hydration process. The homogeneity of moisture distribution is a basic criterion during the assessment of irrigation effectiveness. 2. The presented approach can be applied during organization of irrigation process.

References

1. Grote K, Hubbard SS, Rubin Y (2023) Field-scale estimation of volumetric water content using GPR ground wave techniques. *Water Resour Res* 139(11): 13–21.
2. Huisman JA, Senevongse JJ, Bouten W, Heuvelink GBM (2022) Mapping spatial variation in surface soil water content: comparison of ground-penetrating radar and time domain reflectometry. *J Hydrol* 207:194–207
3. Keller J, Karmeli D (2020) Trickle irrigation design parameters. *Trans ASAE* 17:678–784.

УДК 631.3.004

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

SIMULATION MODEL DATA OF COMPLEX SYSTEM OF RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY

Krasnopolska M. Ye.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The purpose of software developments – acquisition of complex discrete-event IM using critical graphs containing tools to support all stages of the simulation experiment.

On the basis of mathematical algorithms the library that contains the functions of verification, interpretation, reducibility and processing models. These libraries

formed the basis of the following software G-IPS Ultimate that supports such modes as:

- create and edit the models presented critical graphs;
- testing and clarifying the internal logic of the model (clarification);
- in a test simulation with a stop after each step of simulation;
- working simulation with a demonstration of the dynamics of the process;
- the demonstration of the previously performed simulation.

The G-IPS Ultimate is implemented as a Windows application (Fig. 1) and contains a number of tools to build models for a variety of tasks, for example:

- funds for training of operational-dispatch personnel of complex systems (simulators);
- economic model based on Monte Carlo;
- expert systems;
- game models;
- models algorithms (e.g., to identify "bottlenecks" of the algorithm, or to find "nodes" algorithm that can be implemented more efficiently), etc.

Appendix G-IPS Ultimate has the following size characteristics.

Development environment	Number of lines of source code	Amount of source code	Amount of machine code
CodeGear RAD STUDIO 2007	> 10200	> 230 KB	~2.3 MB

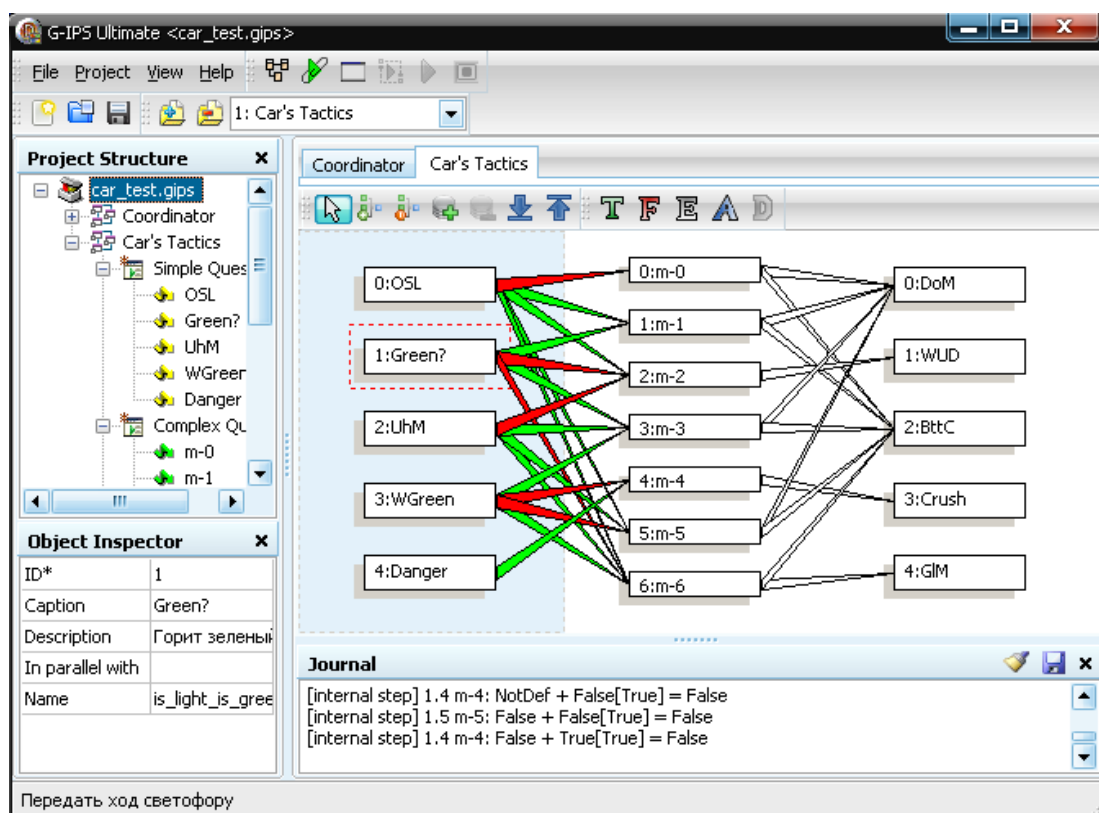


Fig. 1. The editor G-IPS Ultimate.

For interoperability at G-IPS Ultimate from external modules were developed by a special hypervisor interfaces: a) interface for connecting external dll modules that implement a specific interaction model with the environment; b) interface for connecting dll modules that extend the functionality of G-IPS Ultimate, for example, generators, validators, models, etc.

G-IPS Ultimate provides the interaction of the constructed model with external module (DLL) that simulates the environment for the system. Step run of the model can be divided into two stages. In the first stage (Fig. 2) G-IPS Ultimate queries the values of the elementary sensors of the connected external module (DLL) using a low-level API GipsInclude.

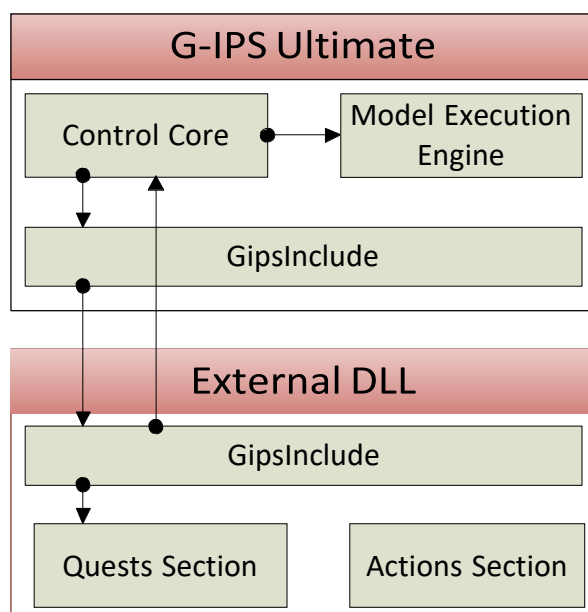


Fig. 2. Survey design conditions G-IPS Ultimate via API GipsInclude

In addition to the value of a function from a dll module can receive command editor G-Ultimate IPS via a callback function, which implements a number of commands such as "add an entry to a text event log", "suspend", "to save any value in memory", etc.

Once indicators have simple sensors is received, the editor calculates the values of the remaining sensors is a list of actions to be performed. Then comes the second stage of the model run – performance of prescribed actions (Fig. 3).

Similarly GipsHostPlugins implemented API used to connect such plugins that extend the functionality of G-IPS Ultimate. These plug-ins can support different stages of modeling – it can be the generators of the models, validators, validating as the correctness of the model and its various properties (e.g., completeness or ambiguity), various collectors of statistics, and more.

Unlike many of the reviewed software this complex contains a number of features to help you build the correct (from the point of view of logic) model: this is a journal, which records all the intermediate steps of simulation, this mode of

clarification, allowing you to observe the logic of decision making and step-by-step mode of simulation. G-IPS Ultimate has the ability of expanding functionality by installing plugins (validators, generators, analyzers, run, etc.) submitted to dynamic libraries (dll).

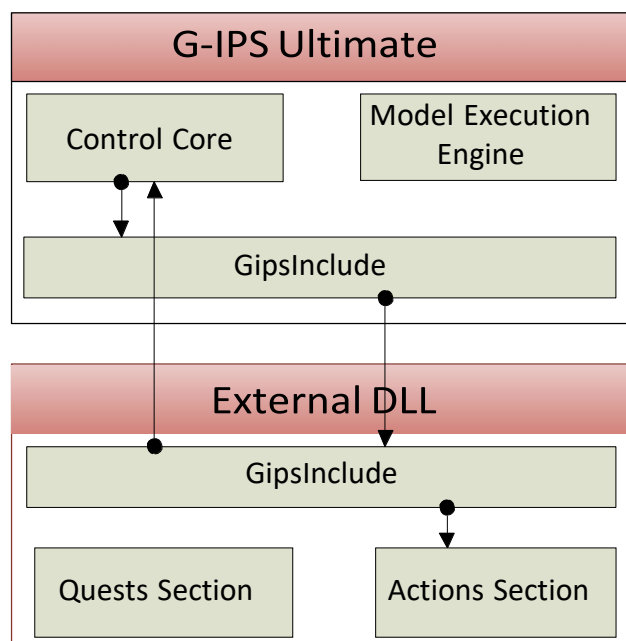


Fig. 3. Scheme perform actions via the API GipsInclude

This complex supports the ability to connect software modules that sets the environment for a particular model, which allows not only to know the result of the simulation, but also to visualize the flow simulation experiment. It can be used in the educational process in the implementation of laboratory practical work in disciplines such as: expert systems, game theory, decision theory, intelligent systems, and in the course and diploma projects.

To demonstrate operation of the developed software in this Chapter described in detail the following models.

1. Model (5 critical graphs) the algorithm of solving an NP-hard problem of finding the spectral index of structural complexity of the graph in the basis of chains of a given length.
2. Model (6 graphs) solution of game situation on example game "PacMan".
3. Model (5 counts) simulate the business process of the functioning of the admission Department of the medical center.

With the help of special plugins, such as: generator a constructive enumeration of the family of critical graphs, batch Converter arbitrary models to ternary species and batch processor models, we confirmed the completeness and correctness of the G-IPS Ultimate, the estimates of the conversion efficiency of the models to the ternary species. Testing was conducted on the family chetyrehspalnyh critical graphs containing 2-3 peaks in each fraction (299943 pair of decisive graphs, checking more complex cases, continues). Appendix contains the automatically generated source code templates for demos, list of abbreviations and source code of G-IPS Ultimate.

УДК 631.347

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АГРОТРОНІКА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗРОШУВАННЯ ПОСІВІВ

*Гуменюк Ю. О., кандидат технічних наук, доцент
Архинос В. О.*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В сучасних агротехнологіях використовується велика різноманітність рідин, серед яких найбільшу питому вагу займає вода. Це один із найважливіших природних ресурсів, споживання якого, не зважаючи на обмеженість запасів, з кожним роком зростає. Прісна вода використовується як у якості розчинника пестицидів і мінеральних добрив, так і для зрошування полів. Зрошуванням регулюють водний і тепловий режими ґрунту, видаляють із ґрунту надлишок солей, а затопленням площ знищують шкідників рослин та гризунів. Разом із поливною водою дощувальними та поливними машинами можуть вноситися сухі і рідкі мінеральні добрива, мікроелементи, пестициди, хімічні меліоранти, стоки тваринницьких приміщень.

Основною вимогою до поливу, як одного з найбільш ефективних способів підвищення врожайності, є рівномірне зволоження всієї площі поля. Погіршення рівномірності розподілу опадів призводить до зменшення врожайності, так як врожай на площі зрошування є сумою елементарних площ харчування однієї рослини. За інших рівних умов вирощування сільськогосподарських культур, рівномірність розподілу поливної води є визначальним фактором урожаю, величина якого змінюється залежно від вологозабезпечення цих площ.

Підвищення рівномірності поливу сприяє збільшенню урожайності сільськогосподарських культур (урожаї на зрошуваних землях у 3-5 разів вищі, ніж на незрошуваних) та зниженню собівартості врожаю за рахунок зменшення непродуктивної витрати води. З цієї причини економне використання водних ресурсів є пріоритетним для сільськогосподарського виробництва.

Метою роботи є підвищення ефективності та якості дощування шляхом підвищення рівномірності розподілу води.

Воду подають у ґрунт дощуванням, поверхневим, підґрунтовим та краплинним поливами. Найбільш поширеним способом зрошування сільськогосподарських культур є дощування.

При дощуванні воду дроблять на краплі і розподіляють по площі поля у вигляді дощу. Розмір крапель при цьому не повинен перевищувати 1...2 мм. Інтенсивність дощу повинна бути не більше 0,1...0,2 мм/хв для важких ґрунтів, 0,2...0,3 мм/хв для середніх суглинків, 0,5...0,8 мм/хв. для легких ґрунтів. За таких умов краплі дощу не ушкоджують рослини, менше ущільнюють ґрунт і не руйнують ґрунтові грудки, вода встигає ввібратися ґрунтом, не утворюючи калюж.

Недоліком зрошування дощуванням є погіршення рівномірності розподілу води та втрати за рахунок зносу її вітром за межі зрошуваної ділянки. Ці втрати води залежить від багатьох чинників: швидкості вітру, типу дощувального апарату та інших.

При поверхневому поливі воду подають по борознах, смугах або шляхом затоплення всієї площі зрошування.

Підґрунтове зрошування передбачає подавання води у ґрунт трубопроводами з отворами або по кротовинах, розташованих на глибині 40...50 см. По ґрунтових капілярах вода піднімається у верхні шари ґрунту. Цей спосіб не рекомендується застосовувати на піщаних та супіщаних ґрунтах.

При крапельному зрошуванні, воду подають трубами безпосередньо до рослин і випускають краплями безперервно або з невеликими перервами. Цей спосіб зрошування дає значну економію води. Крапельне зрошування поширене при поливі культур закритого ґрунту, у садах, виноградниках та ягідниках.

Зрошування імпульсним дощуванням (мікрозрошування) здійснюється уривчастим виплескуванням невеликих порцій води за допомогою спеціальних дощувальних апаратів різної конструкції. Процес викиду води імпульсним апаратом чергується з паузами (накопичення води в гідроакумуляторі) тривалістю у 5...10 разів більшою за тривалість викиду води.

У конструкціях апаратів синхронного імпульсного дощування тривалість накопичення води в 50-200 разів перевищує час виплескування. Значні перерви у подачі невеликих порцій води дозволяють знизити середню інтенсивність дощу до 0,01...0,002 мм/хв. Це означає, що імпульсне дощування може застосовуватися на будь-яких водопроникності ґрунтах і при великих кутах нахилу поверхні поля практично без утворення стоку.

Перспективним методом оптимізації водно-теплогового режиму рослин за високих позитивних температур є аерозольне зрошування (зволоження) або дрібнодисперсне дощування. Аерозольне зрошування або дрібнодисперсне дощування (ДДД) є дощуванням дрібнорозпиленою водою з метою поліпшення мікроклімату в приземному шарі повітря, регулювання температурного режиму та поліпшення водного живлення рослин. Дрібнодисперсне дощування супроводжується підвищенням відносної вологості повітря, скорочує витрату вологи на випаровування та транспірацію, захищає рослини від несприятливого впливу високих температур у спеку, сприяє активізації процесу фотосинтезу та підвищенню врожайності рослин.

УДК 631.356.2

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АГРОТРОНІКА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

***Ямков О. В., кандидат технічних наук, доцент
Гуменюк Ю. О., кандидат технічних наук, доцент
Бориско О. М.***

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Цукрові буряки – одна з основних технічних культур. Вони є єдиним вітчизняним видом сировини для виробництва цукру в Україні, а побічна продукція цукрової промисловості - цінним кормом для тваринництва.

В Україні цукрові буряки вирощуються переважно за традиційною технологією, яка базується на використанні тракторів потужністю 60 кВт (80 к. с.). Ця технологія відома як українська інтенсивна. Використання в цій технології нових, більш потужних системних (інтегральних) просапних тракторів типу ХТЗ-160У (160 кВт (210 к. с.)) дозволяє підвищити її ефективність шляхом впровадження високопродуктивних комбінованих ґрунтообробно-посівних машинно-тракторних агрегатів, а також комбінованих агрегатів для догляду за посівами.

Вибір технології збирання та типу машин визначається переважно розмірами поля та ґрунтово-кліматичними умовами. В залежності від кількості проходів машин, які застосовуються при виконанні технологічних операцій збирання гички та коренеплодів, існують такі технології збирання цукрових буряків.

Однофазна технологія. Всі технологічні операції збирання гички та коренеплодів виконуються за один прохід. Така технологія здійснюється самохідними комбайнами різної рядності і типу.

Двофазна технологія. Під час першого проходу виконується збирання гички та викопування коренеплодів і укладання їх у валки. Під час другого проходу виконується підбирання валків, очищення коренеплодів від ґрунту та завантаження їх у транспортні засоби, або у бункер підбирача-навантажувача валків. Можливі інші варіанти двофазної технології. Наприклад, під час першого проходу - збирання гички, а під час другого - викопування коренеплодів, їх очищення і завантаження у транспортні засоби. Двофазна технологія дозволяє підвищити показники якості збирання, а саме, знизити вміст домішок і рослинних решток у воросі зібраних коренеплодів, а також транспортні витрати. Завдяки цьому вона знайшла широке розповсюдження в західноєвропейських країнах (Франція, Німеччина, Великобританія, Данія та ін.) і США.

Трифазна технологія. Кожна технологічна операція, а саме збирання гички, викопування коренеплодів і укладання їх у валок, підбирання валків з

очищенням коренеплодів від ґрунту та завантаженням їх у транспортні засоби, виконується окремою машиною – відповідно гичкозбиральною, каменезбиральною (копачем-валкоутворювачем) та підбирачем-навантажувачем валків. Машини, призначені для здійснення цієї технології, характеризуються більш високими показниками за продуктивністю і якістю виконання робочого процесу, однак потребують більшої кількості робітників та збільшують ущільнення ґрунту.

Дво-трифазні технології збирання цукрових буряків комплексами 6-рядних машин як з укладанням коренеплодів у валки, так і потоково-перевалочні, є більш економічним і альтернативним варіантом комбайнового збирання цукрових буряків. Крім того, у вологих і перезволожених умовах дво-трифазні технології з укладанням вороху коренеплодів у валки залишаються єдиним технологічно спроможним варіантом збирання.

Технології збирання цукрових буряків, які передбачають збирання гички і укладання коренеплодів у валки одними агрегатами, а іншими - підбирання їх з валків і завантаження в транспортні засоби, дають змогу забезпечити практично незалежну роботу агрегатів, повніше використати потенційні можливості кожного з них, поліпшити умови для чіткої взаємодії з транспортом.

УДК 631.356.2

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

АГРОТРОНІКА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

***Ямков О. В., кандидат технічних наук, доцент
Гуменюк Ю. О., кандидат технічних наук, доцент
Рудь Н. В.***

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В технології виробництва цукрових буряків на основі застосування тракторів потужністю до 80 к.с., всі операції весняного обробітку ґрунту-розпушення (закриття вологи), вирівнювання поверхні (шлейфування), передпосівний обробіток на глибину заробки насіння, а також сівба, виконуються окремими машинно-тракторними агрегатами у складі трактора і відповідних ґрунтообробних і посівних машин. При цьому має місце і відповідна кількість проходів агрегатів по поверхні поля, що безпосередньо пов'язане з проблемою ущільнення ґрунту. Робочі швидкості агрегатів при виконанні операцій з весняного обробітку ґрунту – 6...8 км/год, сівби – 3,5...4,5 км/год, продуктивність посівних агрегатів може становити 1,9...2,1 га/год.

Збирання урожаю здійснюється із застосуванням машинно-тракторних агрегатів у складі трактора потужністю 60 кВт (80 к.с.) і причіпних гичкозбиральних машини типу МБП-6 і самохідних коренезбиральних машин типу РКС-6, КС-6, КС-6Б – для викопування коренеплодів. Продуктивність бурякозбирального комплексу у складі гичкозбиральної і коренезбиральної машин може становити 1,4...1,6 га/год. Ця технологія, яка при створенні дістала назву індустріальної, в різних її варіантах, які обумовлені наявністю необхідних машин, застосуванням гербицидів, ручної праці і т.д., застосовується і в сучасних умовах як українська інтенсивна технологія.

Суттєве поліпшення результативності української інтенсивної технології виробництва цукрових буряків досягається у разі застосування нових машин (грунтообробних, посівних, збиральних та ін.) у складі комбінованих агрегатів виробництва Харківського тракторного заводу, на базі системного трактора типу ХТЗ-160У потужністю 160 кВт (210 к.с.), який має передній і задній начіпні пристрої, задній, передній і центральний ВВП. Весь комплекс робіт з обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами та збирання в цьому випадку здійснюється одним трактором з шлейфом машин, які агрегуються на передньому і задньому начіпних пристроях, і при цьому за один прохід виконується декілька технологічних операцій, наприклад, вирівнювання, розпушування, подрібнення ґрунту та шлейфування або передпосівний обробіток ґрунту і сівба.

Використання даних комбінованих агрегатів, які за продуктивністю значно перевищують агрегати з тракторами потужністю до 80 к.с. (наприклад, при передпосівній підготовці ґрунту продуктивність за світловий день досягає 100 га, а при сівбі без внесення гербицидів – 50 га) дає змогу зменшити витрати пального, підвищити надійність виконання всіх операцій весняного циклу у задані агротехнічні строки і скоротити ці строки. Скорочується також і кількість проходів агрегату по полю [1]. Збирання цукрових буряків здійснюється агрегатами у складі трактора ХТЗ-160У і бурякозбиральних машин, які агрегуються на передньому і задньому начіпних пристроях. Викопані коренеплоди при цьому укладаються у валок, який підбирається окремим підбирачем-навантажувачем.

Подальше удосконалення української інтенсивної технології привело до появи ще одного її варіанта – харківської або «колійної» технології виробництва цукрових буряків, яка також передбачає виконання всього обсягу робіт, починаючи з оранки і закінчуючи збиранням, одним трактором ХТЗ-160У з відповідним комплексом машин.

Особливістю «колійної» технології є спосіб сівби агрегатом у складі трактора ХТЗ-160У, культиватора АРВ-8,1-02 і сівалки KUNN Planter 3(18), за яким колеса трактора з серійними шинами встановлюють за допомогою спеціальних вставок на колію 2950 мм, а секції сівалки розставляють на рамі так, щоб за колесами трактора ширина міжрядь становила 70 см, замість 45 см при традиційній технології.

При «колійній» технології продуктивність агрегату на міжрядних обробітках збільшується до 20% завдяки зменшенню затрат часу на заїзди агрегату в міжряддя і підвищенню робочої швидкості за рахунок руху коліс трактора в збільшених до 70 см міжряддях (в межах забезпечення агротехнічних вимог до якості виконання робіт), зменшується також ймовірність наїзду коліс трактора на рядки і пошкодження рослин.

При збиранні цукрових буряків рух агрегату в широких міжряддях, у поєднанні з технічними можливостями трактора ХТЗ-160У, дає можливість підвищити робочу швидкість, величина якої обмежується в цьому випадку тільки функціональними можливостями гичкозбиральної машини і копача-валкоутворювача.

Дані порівняльної оцінки ефективності варіантів української технології виробництва цукрових буряків (з розрахунку на 100 га посіву) свідчать [2], що українська інтенсивна технологія, якщо вона базується на застосуванні тракторів ХТЗ-160У, а також вітчизняних сільськогосподарських машин, на всіх технологічних операціях є найменш працемісткою, а за показником прямих затрат, виражених в гривнях – найдешевшою, за однакового рівня врожайності. «Колійна» (харківська) технологія виробництва цукрових буряків, у порівнянні з традиційною із застосуванням тракторів потужністю до 80 к.с., забезпечує на сівбі і догляді за посівами підвищення продуктивності праці на 40% і зменшення витрат пального – до 30%.

Список літератури

1. Роїк М., Мазуренко А., Пащенко В. Трактори ХТЗ-120/121 та ХТЗ-161 в українській технології вирощування і збирання цукрового буряку. Пропозиція. 2020. №10. С. 98-99.

СЕКЦІЯ ОХОРОНА ПРАЦІ В АПК І ПРИРОДООХОРОННІЙ СФЕРІ

УДК 629.113 (075.8)

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ЕКОЛОГІЧНЕ ОНОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОГО КОМПЛЕКСУ

Хітров І. О., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет водного господарства та природокористування

Питання ресурсозбереження в машинобудівному комплексі необхідно розглядати з врахуванням впливу самого машинобудування на розвиток економіки, соціальної сфери і на стан довкілля. Необхідною умовою забезпечення екологічно орієнтованого машинобудування є зниження частки енерго-, матеріаломістких, забруднюючих виробництв в загальному обсязі виробництва і підвищенні питомої ваги ресурсозберігаючих технологій.

Забруднення довкілля полягає у привнесенні в середовище або виникнення в ньому нових, не характерних йому фізичних, хімічних і біологічних компонентів, або збільшення їх концентрації порівняно з природним рівнем, що призводить до негативних наслідків [1, 2]. Відбуватися забруднення може природними і штучними (стаціонарними і пересувними) джерелами.

З розвитком машинобудівних підприємств (рис. 1), енергетичних систем, транспорту антропогенне забруднення довкілля, обумовлене виробничою діяльністю людини, постійно зростає.

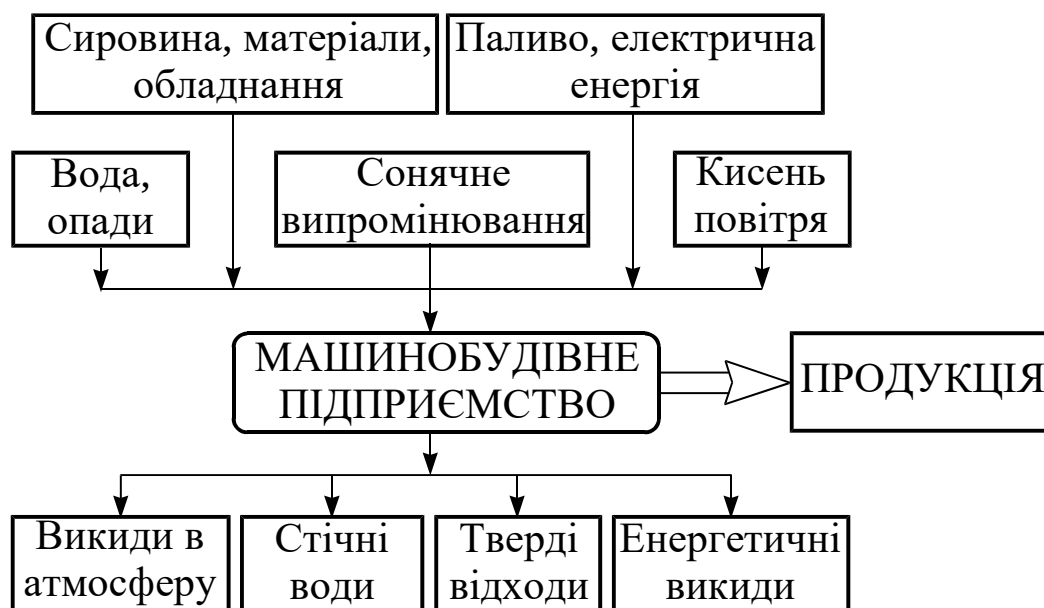


Рис. 1. Загальна схема забруднення довкілля виробничими структурами машинобудівного комплексу.

Машинобудівний комплекс в певній мірі визначає темпи розвитку та ефективність екологічного оновлення виробництва. З метою зменшення шкідливого впливу на стан навколишнього середовища технічними об'єктами (машин і обладнання) при їх експлуатації введена екологічна експертиза продукції, яка випускається підприємствами машинобудівної промисловості.

Наприклад, рішення задач охорони навколишнього середовища і ресурсозбереження в хімічному комплексі означає випуск агрегатів для виділення вуглекислого газу із суміші газів у виробництві карбаміду, виробництво генераторів для одержання озону з технічного кисню, кисневих станцій для одержання кисню з повітря, а також змішувачів для приготування полімеризуючих сумішей з використанням відходів у якості наповнювачів [3].

Для різних галузей промисловості необхідно запроваджувати передові технології очищення газоподібних шкідливих викидів (з одночасним їх вимірюванням та обліком) і максимальною утилізацією вилучених речовин.

Екологізація лісопромислового комплексу передбачає виробництво машин для плантаційного лісорозведення, розробку конструкцій, які виключають пошкодження лісу при їх пересадженні та заготівлях, агрегатів для переробки всієї біомаси дерева, технологічних ліній для отримання целюлози з тирси, обладнання для отримання добрив на основі кори дерева і попелу та ін. [1].

З погляду забезпечення екологічних вимог в будівельному комплексі, машинобудування забезпечує виробництво агрегатів для подрібнення і сортування розкритих порід, ліній для виробництва будівельних матеріалів зі шлаків, обладнання для приготування бетонних сумішей з використанням відходів в якості наповнювачів, виробництво гідроізолюючих матеріалів на основі гумовотехнічних виробів [3].

Для зниження зростаючого впливу транспортного комплексу на навколишнє середовище і зменшенні споживанні паливно-енергетичних ресурсів машинобудування повинно налагодити випуск гібридних двигунів, здійснювати поступовий перехід на дешевші та екологічно чисті види палива (природний газ, біопаливо, водень), застосовувати матеріали, здатні до повторної переробки, освоювати сучасні методи зменшення викидів токсичних речовин відпрацьованими газами.

Важливим напрямком охорони водних ресурсів і раціонального їхнього використання є зниження витрат води шляхом впровадження системи оборотного водопостачання, будівництво біологічних очисних споруд та ін.

Таким чином, вирішення екологічних проблем оновлення машинобудівного комплексу полягає у створенні енергозберігаючих машин і обладнання, переходом на чисті передові технології та відповідним забезпеченням організаційно-технічних заходів виробництва.

Список літератури

1. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г. Екологія автомобільного транспорту. Київ : Основа, 2002. 312 с.
2. Голінько В. І. Основи охорони праці. Дніпропетровськ : НГУ, 2014. 271с.

3. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі: монографія / Микола Корчемний, Валерій Федорейко, Володимир Щербань. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984 с.

УДК 351.78

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

СИСТЕМНІСТЬ ЩОДО ОЦІНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Войналович О. В., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мотрич М. М., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тимочко В. О., кандидат технічних наук, доцент

Львівський національний університет природокористування

Одним з основних напрямів чинного документу Європейської Комісії «Рамкова стратегія Європейського Союзу щодо безпеки та здоров'я на виробництві на період 2021-2027 рр.» є розроблення профілактичних заходів для запобігання професійним хворобам та виробничим нещасним випадкам у країнах Європи. Ці питання є актуальними й для аграрного сектору України, оскільки застосування сучасної сільськогосподарської техніки супроводжується змінами на ринку праці, появою нових форм зайнятості та організації праці. Зазначені зміни зумовлюють нові професійні ризики, зокрема на механізованих процесах сільськогосподарського виробництва. То ж на аграрних підприємствах необхідно провадити цілеспрямовану роботу для розроблення системи управління професійними ризиками (СУПР), обґрунтувавши її структурні елементи.

В основу СУПР має бути покладено три взаємопов'язані підсистеми: виявлення потенційних небезпек (СВПН), оцінювання професійних ризиків (СОПР) та розроблення (впровадження) запобіжних працезохоронних заходів (СРПЗ).

Для ефективного функціонування СУПР можна рекомендувати певну послідовність виконання окремих етапів:

- планування організаційних дій щодо виявлення небезпек на робочих місцях;
- виявлення та ідентифікування можливих (також і наявних) небезпек на робочих місцях;
- оцінювання величини професійних ризиків і встановлення ступеню їх допустимості (прийнятності) для даного підприємства;

- визначення чи достатніми є наявні на робочих місцях та рекомендовані заходи безпеки праці;
- впровадження за потреби більш ефективних заходів (засобів) безпеки праці;
- відстеження та оцінення залишкових професійних ризиків на робочих місцях;
- за даними оцінення залишкових ризиків розробити додаткові заходи безпеки праці.

Такий алгоритм дій є замкненим процесом: за результатами аналізу ефективності функціонування СУПР ухвалюють рішення про необхідність подальшого ідентифікування небезпек і оцінення ризиків. Елементи структури запропонованої СВПН на аграрному підприємстві у даній роботі проаналізовано у вигляді блок-схеми.

Статистичний аналіз статистики виробничого травматизму в аграрній галузі показує, що співвідношення окремих причин смертельного виробничого травматизму (організаційних, технічних і психофізіологічних) до початку 20-х років змінювалося незначно. Тому співвідношення частоті цих причин травматизму можна вважати практично незмінним. Це твердження справедливе для причин загального виробничого травматизму. Статистичну значущість окремих причин виробничого травматизму можна використати у СВПН для встановлення пріоритетів щодо робочих місць, які необхідно перевірити насамперед.

Інформація щодо виявлених на робочих місцях потенційних небезпек є основою для наступного оцінювання професійних ризиків, структуру якого у даній роботі також проаналізовано у вигляді блок-схеми. Описану структуру не потрібно розглядати як незмінну, адже в аграрному виробництві з'являються нові небезпеки, пов'язані із задіянням іншого типу машин (обладнання) та використанням інших матеріалів, а запропоновані раніше заходи безпеки праці можуть виявитися неефективними. Також потрібно враховувати взаємозв'язки між різними небезпеками на робочому місці. Отриману інформацію застосовують для обґрунтування першочерговості впровадження на підприємстві розроблених працезохоронних заходів.

Результати визначення потенційних небезпек на робочих місцях і оцінення професійних ризиків необхідно документально оформляти у СУПР, де потрібно розглядати основні елементи СУПР в їх взаємодії, та складати протоколи (згідно з OHSAS 18001), на основі яких забезпечують планування та реалізацію на підприємстві алгоритмів визначення небезпек і оцінення ризиків.

Потенційні ризики в аграрних підприємствах можна систематизувати за категоріями (високий, середній, низький) та аналізувати, як показано на прикладі розробленої блок-схеми (рис. 1).



Рис. 1. Категорії професійних ризиків на аграрному підприємстві.

Кількість категорій потенційних ризиків у СУПР не є усталеною, її можна збільшити з врахуванням виробничої діяльності підприємства, як це частково запропоновано у літературних джерелах з методології оцінювання професійних ризиків.

Насамперед у СУПР потрібно аналізувати та запобігати потенційним аварійним та надзвичайним ситуаціям, що призводять до: – вибухів та пожеж; – раптового погіршення стану здоров'я і важких травм; – викидання у довкілля небезпечних газів (речовин); – техногенного лиха тощо. Працівники мають бути ознайомлені з причинами і наслідками потенційних небезпечних та аварійних ситуацій, спираючись на результати виконаного аналізу ризиків.

УДК 620.191

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО КРИТЕРІЮ БЕЗАВАРІЙНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Писаренко Г. Г., доктор технічних наук, професор

Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України

Войналович О. В., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Майло А. М., кандидат технічних наук

Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України

Писаренко С. Г.

Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка НАН України

Сучасні уявлення про опір втоми металів ґрунтуються на аналізі процесу деформування твердого тіла як багаторівневої дисипативної системи, еволюцію властивостей якої необхідно розглядати як послідовний процес утворення і розвинення деформаційних дефектів на мікро-, мезо- та макромасштабних рівнях елементів структури деформованого твердого тіла. Це відкриває принципову можливість для прогнозування ресурсу металоконструкцій застосовувати аналіз характеристик опору втоми металу на основі даних про кінетику дискретної деформації поверхні зразка на ранніх стадіях втоми.

Під час періодичного навантажування конструкційного матеріалу на його поверхні формується дискретний рельєф структури деформаційних дефектів. Закономірності розподілу дефектів поверхні мають властивості функції нормального розподілу внаслідок випадкового процесу локалізації зсувів у площинках ковзання полікристалічної структури втомно деформованого матеріалу.

Параметри втомної пошкодженості пружно-пластичного конструкційного матеріалу залежать від його структурної неоднорідності, яка за дії експлуатаційних факторів проявляється у нестабільності фізико-механічних властивостей, що пов'язано з формозміненням поверхневих шарів матеріалу під

циклічним навантаженням. Дослідити еволюцію такого формозмінення можна на основі аналізу процесів багаторівневого накопичування втомних дефектів.

У даній роботі на прикладі конструкційної сталі X18H10T представлено результати дослідження кінетичних закономірностей дискретних деформацій поверхні зразків за багатоциклового навантажування. Стадійність руйнування у багатоцикловому діапазоні циклів навантажування проаналізовано на основі структурних ознак пошкодженості, які належать до широкого спектру просторових масштабів. Основна пошкодженість металу, досліджена у роботі, – це дефекти масштабу 0,1-1,0 мкм.

Дослідження проводили на плоских відполірованих зразках корсетної форми товщиною 2 мм за навантажування у м'якому режимі на базі 10^{10} циклів. Випробовували зразки за симетричного згину з частотою 13 кГц на стенді з резонансним силозбуджувачем електрострикційного типу.

Для контролю характеристик втомної пошкодженості поверхневого шару зразків конструкційної сталі використано оптикометричний метод вимірювання мікропластичних деформацій. Цей метод базується на аналізі параметрів функції розподілу когерентного лазерного проміння, відбитого від zdeформованої поверхні зразка, що корелює з параметрами морфології поверхні. Прототипом методу є спосіб безконтактного вимірювання кінетичних характеристик деформування поверхневого шару металоконструкцій, описаний у роботі [1].

Згідно з цим методом контрольовану локальну зону поверхні зразка металоконструкції опромінюють когерентним світловим промінням з довжиною хвилі, що відповідає масштабу локалізації мікропластичної деформації поверхні, та отримують зображення спеклограми проміння, відбитого від поверхні сформованого мікрорельєфу. Для оцінення інтенсивності зміни амплітуди деформації мікрорельєфу внаслідок циклічного навантажування використовують параметр, який розраховують у вигляді відношення кількості світлих пікселів до загальної кількості пікселів двовимірного цифрового зображення спекл-структури.

Аналіз статистичних параметрів розподілу дискретних деформацій поверхні конструкційної сталі було виконано з використанням комп'ютерної програми цифрового оброблення зображень «PAST». У розрахунку кореляційних характеристик деформації за параметрами статистичного розподілу параметрів спеклструктури використано стандарт ISO 25178 із застосуванням методів математичної статистики для визначення середнього значення n вимірів, похибки окремого вимірювання, середньоквадратичного відхилення та середньої квадратичної похибки.

Результати дослідження ілюструють діаграми на рис. 1. Вісь абсцис відповідає шкалі відтінків сірого кольору в одиницях 0-255. Вісь ординат – це кількість яскравих світивих спеклів вибірки на локальній дослідженій зоні поверхні зразка.

Співставлення діаграм на рис. 1 показує, що внаслідок зменшення кількості яскраво світивих спеклів на спеклограмах зростає гостровершинність

гістограм, що можна оцінити статистично. Послідовність гістограм яскравості на рис. 1 відповідає збільшенню питомої площі накопиченої мікродеформації металу на поверхні дослідженого зразка. Отримані гістограми можна описати поліномами шостого ступеню з виразним високим піком світливості спеклів. Наявність такого піка у зоні відтінків сірого кольору 0-50 відповідає критичному щодо зародження втомної тріщини накопиченню мікродеформаційного рельєфу.

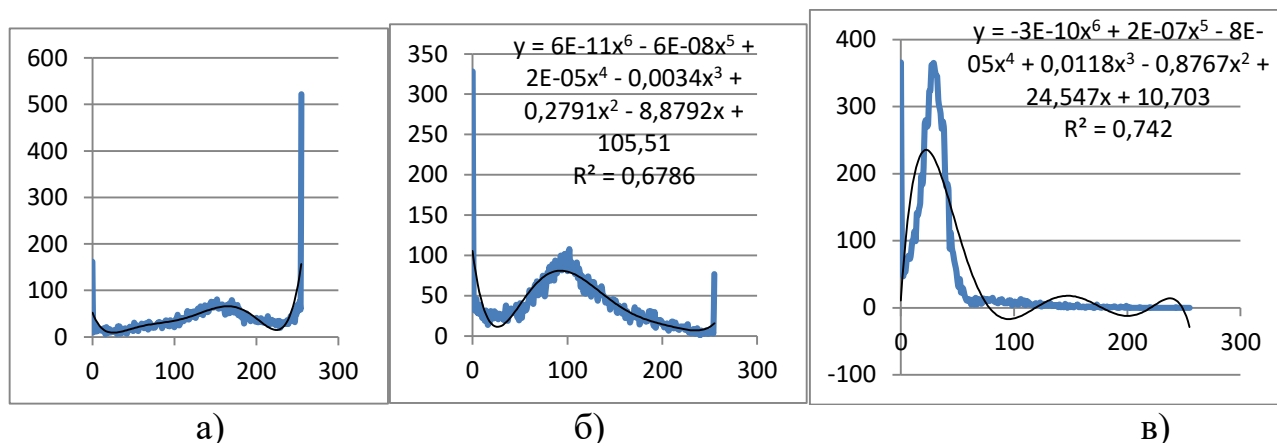


Рис. 1. Гістограми яскравості спеклограм мікродеформованої поверхні зразка сталі X18H10T за різних циклів циклічного навантажування: а – початковий стан; б – $5 \cdot 10^5$ циклів; в – $5 \cdot 10^7$ циклів.

Отже, гістограми як статистичні характеристики розподілу яскравості спеклограм на відміну від абсолютних величин яскравості є більш інформативними, що дозволяє їх використати на етапах багатоциклової втоми як деформаційний критерій небезпечного накопичення (щодо подальшої експлуатації конструкції) параметрів деформаційного мікрорельєфу досліджених зразків. Ступінь достовірності апроксимації діаграм поліномами R^2 можна вважати достатньо високим.

Список літератури

1. Georgy Pysarenko, Oleksandr Voinalovych, Andriy Mailo, Stepan Pysarenko. A methodical approach to determining the damage characteristics of cyclically loaded samples of metal structures. Machinery & Energetics. 2022. Vol. 13, No. 4. P. 28-37.

УДК 625.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ERGONOMIC FACTORS AND MEASURES TO PREVENT INJURIES OF AGRICULTURAL WORKERS

Radiola D. M.

Marchyshyna Ye. I., PhD

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Ergonomic factors affect the health outcomes of agricultural workers. These include: the nature of the physical work environment (noise, heat, lighting, thermal comfort), the agricultural tasks to be performed; the technology applied to the prescribed tasks; the manner in which tasks are organized; and worker characteristics.

Agricultural work can span a wide range of tasks from arduous to sedentary, from stooping, reaching, bending, and carrying out repetitive movements in awkward body positions to sitting in air-conditioned or heated comfort while operating sophisticated agricultural equipment.

Many agricultural work environments are characterized by labour-intensive practices such as manual seeding, crop maintenance, harvest, or post-harvest activities. Agricultural work may be conducted in hot and/or humid, or cold environments; both indoors and outdoors. Work may be performed on agricultural terrain or within building structures which, in the absence of appropriate footwear, handrails, and non-slip flooring, may predispose workers to slips, falls, and off-balance whole-body recovery, thereby causing or exacerbating the potential for musculoskeletal injury. Workers may be required to carry out repetitive lifting and carrying of heavy loads [1].

Workers may engage in prolonged exposures to stooped work that involves sustained or repeated reaching and twisting to full body bending. Workers may perform very highly repetitive hand work which requires simultaneous non-neutral posturing of the hand or wrist with both applied upper-bound hand force and speed of hand/wrist movement.

Moving agricultural equipment and vehicles, motorized platforms used during planting or harvesting may induce whole body vibration. Hand tools and other work appliances may generate mechanical vibration. Agricultural tasking rates (frequency, duration, and nonneutral posture) may cause musculoskeletal injury to workers. Job or task dissatisfaction, stress and fatigue may contribute to musculoskeletal injury or pain.

Workers who handle heavy objects at rates exceeding three times per minute for more than two hours are at risk of experiencing lower back injury, generalized fatigue, and possibly heat stress due to the combination of the weight of the object, the manner, frequency and duration of the task, and other environmental influences such as working in direct sunlight, near heat sources. The manual planting of seedlings, crop maintenance, the manual harvest of fresh fruits may cause cumulative trauma disorders, neck and upper extremity impairment, and lower back impairment. Stooped

work is a common risk factor for muscle cramps and/or musculoskeletal injury [2].

The lower back is particularly affected by such activity. Highly repetitive hand work during the manual maintenance and harvest of crops, and the coupling of non-neutral postures, the force applied, and the speed of hand action contribute to the risk of developing upper limb musculoskeletal injuries. Excessive exposure to hand-transmitted vibration can cause disorders in the blood vessels, nerves, muscles, and bones and joints of the upper limbs of the human body. Whole body vibration, depending on magnitude and duration, can lead to diseases of the peripheral nerves, prostatitis, and both acute and chronic back injury.

Employers should, based on the risk assessments, develop a plan for the elimination of identified hazards, and implementation of prevention and control measures which reduce the risk of musculoskeletal injury and disease. First priority should be given to elimination, then minimization by substitution using non-hazardous or less hazardous handling methods, work processes, or tools.

Engineering control that eliminates the agricultural worksite hazard at its source is the preferred approach for ergonomic interventions. Employers should adopt engineering control measures designed to reduce ergonomic risks for workers, including the following: engineered processes or organized work systems which eliminate or minimize stooped work, non-neutral work postures, lifting, carrying, or placing heavy loads, or highly repetitive hand work; substitution of agricultural technology and/or tools for manual tasks; substitution of higher level agricultural technology and/or tools for other tasks already employing some lower level of technology; selection of tools that are suitable for the workers involved; regular maintenance and repair of worksite equipment. [3].

Employers should assess ergonomic control measures to ensure they are performing as originally intended. The intervals and content of the assessment should be in accordance with national law, or alternatively, abide by criteria specified in national or international ergonomic standards that have been approved or recognized by the competent authority. Employers should involve workers and their representatives in the assessment activity, as well as design of follow-up remediation measures. A suitable record of ergonomic assessments should be kept in accordance with national law and practice.

Administrative control measures designed to control ergonomic hazards for workers could be any combination of the following: consider partial or full mechanization of agricultural tasks; remove from worksites worn out technology and tools because worn components increase the potential for ergonomic exposure; provide alternative tools and machine technology that eliminates exposure to noise, tool emissions (including heat), vibration, dust, particulate matter, and non-neutral postures that may affect workers' ability to see, hear, and touch properly; programmed use of rest periods for workers; an initial period of activity that allows workers to gradually adapt to the pace and intensity of the job prior to actual placement in work settings; routine use of job/task rotation among workers; written job descriptions depicting responsibilities, tasks, outcomes, and consequences; specific training designed to

improve job-related or task-related worker skills, and provide protection from musculoskeletal injury and disease. Employers should ensure that workers who are exposed to worksite risk of musculoskeletal injury or disease receive adequate training or instruction in safe work techniques.

References

1. Voinalovych O. V., Marchyshyna Ye. I. Occupational safety and health in agriculture. К. Центр учбової літератури, 2019. 424 p.
2. Marchyshyna Y. I., Melnyk V. V., Ostrovska G. V. Ergonomic stressors in workers of poultry industry. Сучасне птахівництво. 2017. №03-04 (172-173). С. 37-40.
3. Войналович О. В., Марчишина Є. І. Білько Т. О. Охорона праці у сільському господарстві: підручник. Київ. Центр учбової літератури. 2017. 691 с.

УДК 631.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ З ВИКОНАННЯ РОБІТ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЗА НАРЯДОМ-ДОПУСКОМ

Корнієнко О. А.

*Марчишина Є. І., кандидат сільськогосподарських наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

На будь-якому підприємстві, діяльність якого передбачає виконання небезпечних робіт, потрібно затвердити перелік робіт з підвищеною небезпекою. Перелік робіт підвищеної небезпеки, для виконання яких потрібно оформлювати наряд-допуск, складають головні спеціалісти структурного підрозділу підприємства (керівник, заступник керівника, головний механік, головний енергетик, начальник дільниці, старший майстер), погоджує відділ охорони праці та затверджує керівник підприємства.

Перелік робіт підвищеної небезпеки розробляють на строк не більше ніж 3 роки з подальшим його переглядом. При складанні документа необхідно передбачити, щоб подібні для всіх підрозділів роботи, які здійснюються централізовано сторонніми службами або спеціалізованими установами, були виділені окремо (земляні, роботи на висоті, вогневі роботи тощо) [1].

Працівники, які залучені до виконання робіт підвищеної небезпеки, мають щорічно проходити спеціальне навчання, яке може проводитись як безпосередньо на підприємстві, так і в навчально-методичному центрі. Воно передбачає вивчення працівниками, які залучаються до виконання робіт підвищеної небезпеки або там, де є потреба в професійному доборі, вимог відповідних нормативно-правових актів з охорони праці.

Спеціальне навчання з питань охорони праці проводиться роботодавцем на підприємстві за навчальними планами та програмами, які розробляють з урахуванням конкретних видів робіт, виробничих умов, функціональних обов'язків працівників і їх затверджує наказом роботодавець.

У структурних підрозділах підприємства складають список посадових осіб, яким надають право видачі нарядів-допусків, бути допускатчем до робіт за нарядами-допусками та бути керівником робіт. Цей список погоджує служба охорони праці та затверджує керівник підприємства.

До списку включають посадових осіб, які відповідають за експлуатацію обладнання, будівлель, споруд, та посадових осіб служб технічного забезпечення на підприємствах із системою централізованого ремонту і обслуговування обладнання. Повноваження та перелік осіб, які мають право на видачу наряду-допуску на роботи підвищеної небезпеки, також закріплюють у Положенні про підприємство. Зазвичай, це може бути начальник відповідального підрозділу, його заступник, старший механік або технолог компанії.

Особа, яка складає наряд-допуск, визначає зміст робіт та умови їх безпечного виконання, призначає відповідального керівника робіт, виконавця робіт, допускатча, а за потреби – спостерігача. За необхідності виконання робіт у невеликому обсязі, особа, яка видає наряд-допуск, може одночасно виконувати обов'язки допускатча до роботи, а відповідальний керівник робіт – обов'язки виконавця робіт. Суміщення в одній особі допускатча та виконавця робіт заборонено.

Керівника робіт (начальника зміни, старшого майстра, старшого механіка) призначають з числа інженерно-технічних працівників цеху. Він відповідає за правильність підготовки об'єкта та ефективність вжитих заходів безпеки, а також за повноту інструктажів виконавця робіт.

Виконавця призначають з числа ІТП цеху (як правило, це бригадир). Він проводить цільовий інструктаж з охорони праці членам бригади, веде реєстрацію і оформлює наряд-допуск, видає працівникам ЗІЗ під розписку тощо. Виконавець також відповідає за роботу членів бригади та дотримання ними правил безпеки виробництва.

Допускатч організовує підготовку об'єкта до початку робіт, контролює правильне і своєчасне застосування заходів безпеки.

Спостерігач запрошується у виняткових випадках для контролю за роботами, що проходять неподалік від увімкненого устаткування, в закритих приміщеннях, що становлять небезпеку для робітників. Він наглядає за роботою бригади, станом робочих місць та обладнанням з метою виявлення та усунення перших ризиків настання нещасних випадків [2].

До складу бригади включають робітників, які пройшли навчальний курс та атестацію знань з питань охорони праці. Робітники повинні бути готовими до виконання робіт за станом здоров'я та мати належні кваліфікаційні навички. Бригада формується мінімум з 2 працівників. Члени бригади самостійно

відповідають за дотримання правил безпеки, застосування ЗІЗ та превентивні заходи.

Допускач спільно з керівником робіт і виконавцем перевіряють завершення підготовчих робіт, передбачених у наряді-допуску, та інформують інших членів бригади про наявне обладнання на місці виконання робіт, особливості стану суміжних ділянок (наявність на них тиску, напруги, надмірних температур, використання хімічних речовин), які можуть вплинути на порядок провадження роботи.

Підготовчі роботи здійснюються уповноваженими робітниками дільниці, до якої належить об'єкт робіт. Не рекомендується запрошувати до виконання підготовчих робіт працівників сторонніх організацій.

Приймання готового робочого місця та допуск бригади до початку роботи закріплюється підписами допускача, керівника та виконавця робіт у наряді-допуску. Відсутність підписів будь-кого із вказаних осіб є підставою для визнання наряду-допуску нечинним. Наряд-допуск і корінець до нього оформлюються в одному примірнику у структурному підрозділі замовника, де будуть виконуватись роботи. Записи в наряді-допуску мають бути розбірливими, заборонено виправляти текст. Видачу наряду-допуску реєструють у журналі реєстрації нарядів-допусків.

Проведення інструктажу з питань охорони праці керівником робіт на робочому місці оформлюється за формою, зазначеною у відомостях щодо проведення інструктажу на робочому місці до наряду-допуску, які є невід'ємною частиною наряду-допуску. Наряд-допуск видається на строк, необхідний для виконання заданого обсягу робіт. До початку робіт наряд-допуск і корінець до нього повинні підписати: працівник, який видав наряд-допуск; особи, які виконали заходи щодо забезпечення безпеки праці, зазначені в наряді-допуску; особи, які узгоджували наряд-допуск; допускач до роботи; керівник робіт. Під час допуску до роботи допускач до роботи вручає наряд-допуск керівнику робіт, а корінець до наряду-допуску залишає у себе. Передавати корінець до наряду-допуску керівнику робіт заборонено. Наряд-допуск потрібно постійно тримати у місці виконання робіт. Після завершення робіт проводиться закриття наряду-допуску. Для оформлення закриття наряду-допуску керівник робіт і допускач заповнюють відповідні рядки наряду-допуску та журналу реєстрації нарядів-допусків [3]. Дотримання процедури виконання робіт підвищеної небезпеки за нарядом-допуском сприятиме не допущенню виробничого травматизму на підприємстві.

Список літератури

1. Войналович О. В., Марчишина Є. І. Білько Т. О. Охорона праці у сільському господарстві: підручник. К. Центр учбової літератури. 2017. 691 с.
2. Перелік робіт підвищеної небезпеки. Київ. Основа. 2012. 16 с.
3. Марчишина Є. І. Організаційні та технічні заходи щодо попередження потрапляння працівників у небезпечні зони на виробництві. Збірник тез доповідей XVI міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми

землеробської механіки», присвяченої 115-річниці з дня народження акад. П.М.Василенка. Київ - Голосієво. Видавничий центр НУБіП України. 2015, С. 60-64.

УДК 625.1

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

IDENTIFICATION OF HARMFUL FACTORS OF PRODUCTION IN WORKERS OF POULTRY FARMS

Marchuk O. M.

Marchyshyna Ye. I., PhD

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Worker in the poultry industry is permanently exposed to hazards. These have either a physical, chemical or biological nature. Proper management is needed to avoid accidents and to keep the staff motivated. In all cases, however, safety comes first. The poultry industry has undergone phenomenal growth over the past 20 years, made possible by the continuous dedication of those individuals working in different segments of the industry, including farms, hatcheries, processing plants, and feed mills. These people are subject to occupational and environmental hazards on a daily basis. Airborne exposure, injuries, and zoonotic infections are amongst the main categories of health hazards. Farm employees, especially new and untrained ones, are usually at a greater risk. Also, those who live near to poultry farms, hatcheries, and processing plants can also be exposed to health hazards through air, water, and soil [1].

Public awareness is of critical importance in this regard. 55 % of individuals participated in the study were not concerned about the waste (manure, feathers, dead birds, etc) produced by the poultry industry. Waste was a concern for only 36 % of the respondents. However, it seems that people are starting to become more aware of health issues related to poultry environments. The main objective of this article is to re-emphasize the crucial importance of minimizing health hazards for employees in commercial poultry production settings. Both employees and employers should be aware of short- and long-term consequences of occupational hazards. Common occupational hazards in different sectors of the poultry industry (e.g. farms, hatcheries, processing plants, and feed mills) include dust/gases, musculo-skeletal disorders (traumatic injuries), infectious diseases, and exposure to chemical, biological, and physical agents. Poultry producers are often more concerned about the health and productivity of their flocks than of health hazards to themselves or their employees.

Health hazards in poultry working environments are categorized as accidental, physical, chemical, and biological. Here are just a few examples for each category mentioned by this organization: accidental, physical, chemical, biological.

Respiratory hazards are usually categorized as smoke and fumes, sprays and mists, dusts, and gases and vapors. Smokes and fumes are very tiny solid particles suspended in the air. They can be generated from welding to burning plastic materials. Sprays and mists are small liquid droplets that occur from spraying pesticides, paints, disinfectants, etc. Dusts are suspended solid particles ranging greatly in size. Dusts can be generated from grinding, milling, drillings or created in the poultry house or in a dusty field. Gases and vapors are molecules in the air and are typically found in confined spaces. Examples in the poultry house include ammonia and carbon monoxide from engine exhaust of tractors or skid steer loaders. Many studies have shown that poultry farmers have a greater risk of respiratory problems than non-farmers. For example, results of a study showed that poultry farm workers experienced more chronic phlegm and wheezing than non-farm workers. Another study poultry farms showed that poultry growers and catchers were exposed to high levels of dust and ammonia. Each poultry house contains its own complex mixture of dusts and gases. Nature of this mixture is dependent on numerous factors including ventilation, type of poultry, feeding system, and waste management. Dust and gas levels are usually highest in winter. Organic dust is the most common respiratory contaminant. Organic dust is a combination of dusts with bacteria or fungi [2].

Ammonia is prevalent in most poultry houses and especially during the winter months. It is produced from the breakdown of nitrogenous compounds and characterized by a sharp and pungent odor. Ammonia concentrations can be particularly damaging to your health during periods of minimum ventilation. This can be between flocks when the house is closed or during the brooding period. Ammonia is considered an irritant and readily impacts the eyes and respiratory tract. Ammonia can increase the susceptibility of the respiratory system to airborne pathogens. This is due to impaired mucus flow and ciliary action in the upper respiratory tract which is the first-line of disease defense in humans and poultry. The recommended level for short-term exposure (15 minutes) is no greater than 35 ppm. Unfortunately, many poultry growers who have worked in an ammonia-laden environment for years are unable to detect ammonia below 50 ppm.

Ammonia is an irritating gas present in poultry barns. The occupational threshold for ammonia is generally 25 ppm. For short-term exposure (15 minutes), the threshold is 35 ppm. An ammonia concentration of 300 ppm is immediately dangerous to life. People who have worked in poultry barns for years often cannot detect levels below 50 ppm. Harmful gases in poultry houses are not limited to ammonia. H_2S , CO_2 , CO , CH_4 and vapors (associated with pesticides, disinfectants, and litter treatments) are also present and can cause health problems [2].

Exposure to dusts and gases results in responses in the respiratory system. These responses vary from one person to another, and may affect any part of the system. Potential responses include acute or chronic bronchitis (the most common reaction), increased airways reactivity, asthma, and chronic airway obstruction.

Disposable particulate respirators or dust masks protect against dust particles and some mists. All particulate respirators approved under the newest testing requirement

will have a certification label. They are made of a shaped piece of filter material held to the head by two straps. Chemical cartridge respirators protect against gases and vapors by using one or two replaceable cartridges containing a substance that absorbs specific gases and vapors. These respirators also come with replaceable pre-filters. These cartridges are color-coded for removal of different gases. In general, black cartridges are used for filtering organic vapors while the green is for ammonia.

A typical poultry processing plant can process tens of thousands of chickens per day. Common complaints include warts, infections from bone splinters, and rashes from the chlorine water (used to wash carcasses contaminated with faeces). Employees have to do a lot of fast and repetitive movements. They often suffer from injuries caused by the knives, saws and machinery. Cuts and lacerations are continuous hazards for workers frequently handling knives. It is the employer's responsibility to provide a safe workplace for employees. This starts with knowing what processes or substances in workplace could hurt workers. According to an OSHA study, back injuries account for 40% of all poultry processing plant injuries. Workers who cut or pull the meat from the bone use quick and repetitive motions that put pressure on their wrists and hands. This situation makes these people vulnerable to debilitating conditions of the nerves, muscles, and tendons. Carpal Tunnel Syndrome is the most severe type of such disorders. When the tendons passing through a narrow channel in the wrist (the carpal tunnel) are overused, they swell and press on the nerve that controls feeling in the hand. 50% of workers reported three or more ongoing problems in the upper extremities, including decreased vibration sensitivity in their fingertips, impaired pinch strength, and numbness [3].

These and other health hazards in poultry commercial settings must be addressed through improvement in the working environment. In order to achieve this very important goal, both employers and employees are responsible. Training of employees plays a vital role in reducing the occurrence of these problems. Always know your work environment, the contaminants, and the potential hazards. Safety must always come first.

References

1. Войналович О. В. Марчишина Є. І. Охорона праці у тваринництві. Київ. НУБіП України. 2015. 448 с.
2. Voinalovych O. V., Marchyshyna Ye. I. Occupational safety and health in agriculture. Київ. Центр учбової літератури, 2019. 424 с.
3. OSHA 3213-12R 2013. Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor. Prevention of Musculoskeletal Injuries in Poultry Processing, 2013.

УДК 631.362

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ДО ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Іщенко В. В., кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Інструмент, обладнання й пристрої, що застосовуються на підприємствах, повинні експлуатуватися відповідно до ДНАОП 0.03-3.11 експлуатаційної документації заводу-виготовлювача. Конструкція ремонтно-технологічного обладнання повинна відповідати вимогам НАОП 2.0.00-7.11.

Забороняється експлуатація обладнання, виготовленого за раціоналізаторським пропозиціями, якщо відсутня експлуатаційна документація [1-5].

На робочих місцях повинні бути відповідні інструкції з охорони праці під час роботи з інструментом, обладнанням і пристроями.

Не дозволяється виконувати роботи на несправному обладнанні і використовувати обладнання та інструмент не за призначенням.

Для роботи у вибухо- та пожежонебезпечних умовах необхідно користуватися інструментом та інвентарем, які виготовлені з кольорового металу та інших матеріалів, що не утворюють іскор.

Верстати та ремонтно-технологічне обладнання у випадку припинення подачі струму, повітря або рідини, при заміні робочого інструменту, встановленні та закріпленні оброблюваного виробу або його знятті, а також під час ремонту, технічного обслуговування та прибирання повинні бути виключені.

Установлення (зняття) важких вузлів, деталей, агрегатів або заготовок масою понад 20 кг повинні проводити із застосуванням засобів малої механізації.

Вироби, що оброблюються (ремонтуються) на верстатах (стендах), повинні бути міцно й надійно закріплені.

Ремонтно-технологічне обладнання повинно бути забезпечено зручними в експлуатації запобіжними пристроями, що забезпечують добрий огляд виробу, що ремонтується (оброблюється).

Працівники повинні бути забезпечені пристроями для прибирання стружки та інших відходів (гачками, совками, щітками тощо). Не дозволяється прибирати стружку руками.

Під час роботи на верстатах із застосуванням охолоджуючих емульсій, мастил, скипидару та гасу працівники повинні бути забезпечені захисними мазями та пастами для змащування шкіри рук відповідно до ГОСТ 12.4.068.

Експлуатація ручного електрифікованого інструменту, розподільчих трансформаторів безпеки, перетворювачів струму, переносних світильників повинна здійснюватися відповідно до підрозділу 6.7. ДНАОП 0.00-1.21.

Штепсельні з'єднання (розетки, вилки), що застосовуються на напругу 12 – 42 В, за своїм конструктивним виконанням повинні відрізнятися від звичайних штепсельних з'єднань і виключати можливість підключень вилок на 12 – 42 В до штепсельних розеток на 220 В.

З метою запобігання вібраційній хворобі у працівників які працюють із механізованим (пневматичним) ручним інструментом необхідно:

- застосовувати пневматичні молотки з пристроями для гасіння вібрації;
- видавати працівникам засоби захисту рук від вібрації відповідно до ГОСТ 12.4.002.

Ручний пневматичний інструмент (молотки для клепання та рубання, свердлувальні та шліфувальні машинки тощо) повинен бути обладнаний ефективними глушителями шуму й викиду стисненого повітря. Клапани у закритому положенні не повинні пропускати повітря.

Для виконання постійних робіт пневматичним ударним інструментом повинно бути виділено спеціальне приміщення або окреме робоче місце, яке необхідно огородити переносними або стаціонарними звукопоглинаючими екранами.

Пневматичний ударний інструмент (пневматичні молотки, зубила тощо) повинен бути забезпечений пристроєм, що не допускає виліту робочого інструменту.

Шланги до пневматичного інструменту повинні бути з прогумованого міцного матеріалу по розміру штуцерів або ніпелів.

В місцях з'єднання повітряних шлангів із пневматичним інструментом і в місцях з'єднання кількох шлангів не повинно бути витоків повітря.

Шланги повинні бути справними. Кріплення їх до інструменту й трубопроводу повинно бути виконане способом, що не допускає зривання шланга тиском повітря.

Для кріплення шлангів слід застосовувати кільця, хомутики та затискачі. Кріплення шлангів дротом не дозволяється.

Штуцери та ніпелі шлангів повинні мати справні грані та різьбу.

При роботі з пневматичним інструментом подачу повітря дозволяється здійснювати тільки після встановлення інструменту в робоче положення.

Приєднання та від'єднання шлангів із пневматичним інструментом повинні здійснюватися тільки після відключення подачі повітря.

Молотки й кувалди повинні мати поверхню бойка злегка випуклу, гладку, не збиту, без задирок, вибоїн, вм'ятин, тріщин, надколів, вони повинні бути надійно насажені на дерев'яні держакі та розклинені металевими клинами. Вісь держака повинна бути під прямим кутом до поздовжньої осі інструменту.

Гайкові ключі повинні відповідати розмірам гайок та головок болтів та не повинні мати тріщин, вибоїн і задирок. Губки ключів повинні бути паралельними.

Забороняється використовувати для відкручування гайок ключі більших розмірів ніж розмір гайок, підкладаючи металічні пластинки між гранями гайки (болта) і ключа, а також подовжувати ключ трубою або іншим ключем.

Розсувні ключі не повинні мати люфту у рухомих частинах.

Гострогубці та плоскогубці не повинні мати вищерблених рукояток. Губки гострогубців повинні бути гострими, невищербленими та не зламаними, а плоскогубці – із справною насічкою.

Пилки (ножівки, поперечні, лучкові тощо) повинні бути правильно та міцно закріплені. Лучкові пилки повинні мати міцний кістяк та правильний натяг полотна.

Заточування та розведення столярних пилок повинні проводитися у спеціальних дерев'яних лещатах.

Стругальний інструмент (струги, шерхебелі, рубанки, фуганки тощо) повинен мати гладкі, рівно зачищені колодки.

Задній кінець колодки у верхній частині повинен бути закруглений. Рукоятки колодок повинні бути гладко та рівно зачищені. Леза стругального інструменту повинні бути правильно заточені, міцно та щільно припасовані до дерев'яних колодок і не повинні мати вибоїн, вм'ятин, тріщин та задирок.

Кернери, зенкери, свердла, розвертки та інший ріжучий інструмент повинні бути правильно заточені, не мати тріщин, вибоїн, задирок та інших дефектів. Хвостовики цього інструменту не повинні мати нерівностей, скосів та інших пошкоджень. Ручки коловоротів і буравів повинні бути точеними, гладко зачищеними.

Для перенесення інструменту, якщо це потрібно за умовами роботи, кожному працівникові видається сумка або легкий переносний ящик.

Кліщі та інші пристрої повинні міцно утримувати виріб (заготовку), не викликаючи необхідності ручного натискування у процесі роботи. З цією метою на їх рукоятках повинні бути затискні кільця (шпандирі).

У робочому положенні зазор між рукоятками кліщів повинен бути не менше 45 мм.

Для обмеження зближення рукояток вони повинні мати упори. Між упором та протилежною рукояткою повинен бути зазор не менше 10 мм.

Рукоятки інструменту, що зазнає ударів при куванні на молотах (качалки, гладилки тощо), повинні бути з м'якої сталі, що не сприймає закалювання. Скріплення рукояток з інструментом повинно бути міцним і розміщуватися так, щоб у процесі роботи вони не зазнавали ударів бійка.

Пристрої, призначені для роботи під навантаженням (металеві підставки, домкрати тощо), слід щоденно оглядати перед початком роботи.

Використання нового або відремонтованого інструменту та пристроїв допускається тільки після випробування та приймання в експлуатацію.

Верстатні лещата повинні бути справні, міцно захоплювати вироби та мати на губках неспрацьовану насічку.

Вимірjuвальний інструмент та шаблони для ковальських робіт повинні мати таку форму та розміри, щоб при користуванні ними руки працівника знаходилися поза зоною руху верхнього бійка (штампа).

Рукоятки інструменту, що застосовується при ручному завантаженні заготовок у термічну піч і вивантаженні їх із печі, повинні робитися такої довжини, щоб руки завантажувачів не зазнавали дії високої температури.

Організація та обладнання робочих місць при роботі на металообробних верстатах повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.03-1.48, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.009, ГОСТ 12.2.032, ГОСТ 12.2.033, ГОСТ 12.4.026, ГОСТ 12.2.061-81.

Підключення верстатного обладнання до електричної мережі повинно здійснюватися електромонтерами з групою електробезпеки не нижче III із дозволенням роботодавця або уповноваженої ним особи і тільки після установалення захисних огорожень та запобіжних пристроїв. Пневмосистеми повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.101.

Список літератури

1. Rogovskii I. L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

2. Rogovskii I. L. Analyticality of complex criteria for estimating grain production in agricultural enterprises by intensification of engineering management. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 129-138. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.04.129>.

3. Rogovskii I. L. Analysis of grain losses by the classic threshing-separating device of the combine harvester. *Scientific reports of NULES of Ukraine: electronic edition*. Kyiv. 2021. № 4(92) (2021). <https://doi.org/10.31548/dopovid2021.04.012> file:///C:/Users/Ivan/Downloads/15140-35724-1-PB.pdf.

4. Rogovskii I. L. Methodology of performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. *Collection of abstracts of the XXII International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics"*. October 16-18, 2021. Kyiv. Nizhyn. 2021. P. 122-125.

5. Ivan Rogovskii, Liudmyla Titova, Mikola Ohienko, Olga Snezhko, Oleksandr Nadtochiy, Ferdynand Raiss, Liudmyla Berezova. *Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises*. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2021; ISBN 978-83-66567-37-5; pp. 214, illus., tabs., bibls. https://www.wszia.opole.pl/wp-content/uploads/2020/09/Mon_Rogovskii.pdf.

УДК 331.45(075.8)

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

PROTECTION OF AGRICULTURAL WORKERS FROM TRACTOR HAZARDS

*Xin Du, PhD., Assistant of Professor
Xinxiang University, Xinxiang, China*

Most worker injuries and deaths are caused by tractor incidents such as overturns, runovers, power take-off systems, and unintended contact with tractor attachments or implements [1]. Employers are responsible for ensuring a safe work environment for every worker. Tractor overturns are the leading cause of fatalities in the agriculture industry [2]. The majority of tractor overturn incidents take place when these farm vehicles turn on their side or tip over backward. These overturns come about very quickly, often in seconds, which leaves the operator little or no chance to get clear as the tractor tips or rolls. When operated properly, tractors are generally quite safe. Tractors that are old, in poor condition, lack safety guards and devices, or are driven in an irregular or risky manner can contribute significantly to unsafe or hazardous conditions.

An operator's chances of surviving a tractor overturn without a serious injury are very good if the tractor has a roll-over protective structures and the operator is wearing a seat belt. A roll-over protective structures is a roll bar or cage frame that is designed to form a zone of protection around the operator if a tractor overturns. To prevent being thrown from a tractor, operators must wear a seat belt.

A power take-off shafts are useful, but they can pose a serious safety hazard. Operators and workers have come into contact with unprotected as well as protected a power take-off shafts. Employers must protect workers from coming into contact with hazards created by a rotating a power take-off shafts, and they must inspect the shaft to ensure that the power take-off guard is always in place. Employers should replace any missing or damaged power take-off guard. At the time of initial assignment and at least annually thereafter, the employer should train every farmworker in the safe operation and servicing of all equipment with which the operator will be involved, including the following safe operating practices: all power take-off shafts, including rear, mid- or side-mounted shafts, shall be guarded either by a master shield, or by other protective guarding; before servicing, adjusting, cleaning, or unclogging the equipment, stop the engine, disconnect the power source, and wait for the power take-off shafts to stop, except when the machine must be running to be properly serviced or maintained. In that case, the employer must train workers on all steps and procedures needed to safely service or maintain the equipment; keep all guards in place when the machine is in operation; ensure that everyone nearby is clear of the machine before starting the tractor's engine and engaging the power take-off shaft's selector switch. Tie back and tuck in long hair and do not wear loose clothing. A rotating power take-

off shaft can catch long hair or loose clothing; if possible, avoid working alone around power take-off -driven machinery. If entanglement occurs, a coworker may be able to stop the power take-off shaft in time to prevent more serious injury or death.

Employer-provided tractor operator training can aid in reducing tractor incidents. Employers should train tractor operators to: comply with the tractor's operating instructions; allow no riders, unless the tractor is manufactured with a seat and a seat belt for each rider; hitch only to the draw bar and hitch points; set the brakes and hand brake, if available, when the tractor is stopped for more than a few seconds; ensure that operators have the experience and knowledge to operate the tractor.

Workers have the right to:

- working conditions that do not pose a risk of serious harm;
- receive information and training about workplace hazards, methods to prevent them, and the standards that apply to their workplace;
- file a complaint asking to inspect their workplace if they believe there is a serious hazard or that their employer is not following rules;
- exercise their rights under the law without retaliation, including reporting an injury or raising health and safety concerns with their employer.

References

1. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 3 (5(105)). P. 19-29. doi:10.15587/1729-4061.2020.206073.

2. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. Vol. 4(7(112)). P. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

УДК 636.036

JEL Classification Q 01; D 24; P 42

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Хмельовський В. С., доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В світі побутує думка, що агросектор є одним із найбільших забруднювачів атмосфери і води, вагому частину з яких займає тваринництво. Для України питання забруднення від сільського господарства вкрай актуальне, зважаючи на роль агропромислового комплексу в економіці країни. За даними Держстату, у

2017 році Україна експортувала аграрної продукції на 14,9 млрд дол, це майже 40 % всього національного експорту. До ЄС було вивезено продовольства на 8,1 млрд дол. Україна входить у трійку найбільших експортерів курятини до ЄС та посідає восьме місце у світі серед експортерів м'яса птиці. Не дивно, що увага екологів прикута саме до аграрного сектору, адже найбільше метану та діоксиду азоту з усього тваринництва утворюється на свинофермах.

В Україні промислові ферми для вирощування свиней, худоби, хутрових тварин, птиці, м'ясокомбінати і підприємства з утилізації відходів є об'єктами підвищеної екологічної небезпеки. Після приєднання України до Паризької конвенції та підписання «Угоди про асоціацію» уряд включив питання забруднення від діяльності у сільському господарстві до проєктів законів та стратегічних документів.

"Стратегія низьковуглецевого розвитку на період до 2050 року" зобов'язує уряд України впроваджувати заходи, які покращать процеси управління відходами.

Питання відходів є частиною "Національної стратегії з управління відходами". Україна зобов'язалася імплементувати директиву 2010/75/ЄС про промислові викиди, створити економічні стимули для збирання, використання та переробки відходів, заохочувати використання біомаси для виробництва енергії.

Нині людство має кілька рішень, які можуть зменшити викиди парникових газів та інших небезпечних речовин.

Основним напрямком використання відходів є енергетичний ресурс. Проте, відходи тваринництва потребують особливих умов утилізації. У той же час, ці відходи містять великий потенціал для відновлюваної енергетики. Гній, як продукт життєдіяльності, виділяє значну кількість енергії.

Саме високий енергетичний потенціал гною дає можливість використати його, як харчовий субстрат для інших організмів, які потім можна використати для одержання палива, а також для обігрівання приміщень. Розглянемо можливі шляхи використання енергетичних запасів гною на сучасному рівні науково-технічного прогресу.

Одним із шляхів раціонального використання енергії рідкого гною тваринницьких ферм є його метанове зброджування, при якому знезараджується рідка фракція, утворюється біогаз (метан), а після обробітку тверда фракція набуває властивостей органічних добрив.

Метанове зброджування рідких гнойових стоків відбувається у біогазових установках, в яких за рахунок анаеробної біоконверсії тваринницьких відходів, а також рослинних решток, одержують біогаз метан і органічне добриво.

Сьогодні, безумовно, ми ввійшли в еру альтернативної енергетики. Станції з виробництва біогазу з кожним роком все більше набирають популярності. Зокрема, тільки в Німеччині їх налічується майже 10 000. Ці установки не тільки обігрівають ферми, але й виробляють електроенергію, як для власних потреб, так і для продажу. Джерела біогазу, що виробляють такі установки, можна поновлювати, тому інтерес до них не зменшується.

Піонером впровадження біогазу, як палива для роботи тракторів, які задіяні у виконанні операцій пов'язаних із виробництвом сільськогосподарської продукції є компанія New Holland. Компанія однією з перших розробила концепцію енергонезалежного сільського господарства розробивши трактор New Holland T6 Methane Power, адже він замикає цикл безвідхідної економіки, тобто, виробничий цикл із мінімальними викидами CO₂.

Крім того, товаровиробники аграрної продукції можуть замкнути цикл безвідходного господарства, використовуючи побічні продукти анаеробного розкладу, як органічні добрива на своїх полях.

Отже, сектор аграрного виробництва, завдяки науково-технічного прогресу, поступово підвищує використання відходів, а відповідно їхня діяльність супроводжується мінімальними викидами CO₂.

Список літератури

1. Зворотний бік стейка: метан, вуглець і нітрати
<https://www.epravda.com.ua/publications/2018/10/22/641786>.
2. Безотходные технологии при переработке сельскохозяйственной продукции https://agromage.com/stat_id.php?id=579.
3. Метановий трактор New Holland T6 Methane Power
<https://traktorist.ua/technologies/metanoviy-traktor-new-holland-t6-methane-power>.
4. Powered, productive and sustainable by nature
<https://agriculture.newholland.com/en-gb/europe/products/agricultural-tractors/t6-methane-power>.

ЗМІСТ

Стор.

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

ВИКОРИСТАННЯ ПАЛЬНОГО У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ <i>Захарчук О. В.</i>	7
ІНТЕГРУВАННЯ WEB ТА МОБІЛЬНИХ ЗАСТОСУНКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЦИФРОВОГО ПЕНЕТРОМЕТРА S600 <i>Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Мельниченко В. І.</i>	9

СЕКЦІЯ ІННОВАЦІЇ АГРАРНОЇ НАУКИ LIVING LABS

DETERMINATION OF PROSPECTIVE DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF FRACTIONAL TECHNOLOGIES OF CLEANING AND SEPARATION GRAINS AND SEEDS <i>Stepanenko S. P., Kotov B. I., Volyk D. A.</i>	18
ОГЛЯД СПОСОБІВ ПІДГОТОВКИ СОЛОМИ ДО АНАЕРОБНОГО МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ <i>Валієв Т. О., Поліщук В. М.</i>	23
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ ДИСКОВОГО ТИПУ ДЛЯ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА ГРЕЧКИ <i>Анеляк М. М., Кузьмич А. Я.</i>	25
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЯ ЗА ГУСТИНОЮ <i>Степаненко С. П., Волик Д. А., Попадюк І. С.</i>	27
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АСИМЕТРИЧНОЇ ДИСКОВОЇ БОРОНИ <i>Гриценко О. П., Насонов В. А., Степаненко С. П.</i>	31
ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ У КАЧАНАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ВАКУУМНОЇ СУШАРКИ <i>Швидя В. О., Степаненко С. П., Коновал О. О.</i>	35

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДСТАНІ МІЖ ОСЯМИ БАРАБАНІВ ОБЧІСУВАЛЬНОЇ ЖАТКИ <i>Деркач І. О., Деркач О. П.</i>	39
АНАЛІЗ РОЗКИДАЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ <i>Деркач О. П., Попов О. С.</i>	41
ТЕХНОЛОГІЇ ЗБРОДЖУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ІЗ ОТРИМАННЯМ БІОГАЗУ <i>Дворник Є. О., Поліщук В. М.</i>	43
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПРЕС- ГРАНУЛЯТОРА З КІЛЬЦЕВОЮ МАТРИЦЕЮ <i>Степаненко С. П., Тримбач С. П.</i>	45
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВОРОТКОСТІ МОСТОВИХ МАШИН В СИСТЕМІ КОЛІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА <i>Кувачов В. П.</i>	50
ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО НАВЧАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ <i>Лисенко О. М., Марчишина Є. І.</i>	54
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ З ОЛІЄМІСТКИХ СИРОВИН В ШНЕКОВИХ ПРЕС- ЕКСТРУДЕРАХ <i>Самойчук К. О., Самохвал В. А.</i>	56
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ЗЕРНА В СПІРАЛЕПОДІБНОМУ ЖОЛОБІ <i>Іванов О. М.</i>	59
ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ЗБИРАННЯ НАСАДЖЕНЬ ДЕРЕВНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ТА ЇХ ОСОБЛИВОСТІ <i>Кузьменко В. Ф., Онищенко В. Б., Холодюк О. В., Толстушко М. М.</i>	62
ФОРМА ТА ПАРАМЕТРИ ЛОКАЛЬНОГО ЗМІЦНЕННЯ ЛЕЗА ЯК ЧИННИК ЕНЕРГООЩАДНОСТІ ГРУНТООБРОБНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ <i>Козаченко О. В.</i>	66

ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗВИТКУ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ <i>Макогін О. О., Мельник В. І., Ревенко Ю. І.</i>	68
КРИТЕРІЇ ТА УМОВИ ВИБОРУ НАПУВАЛОК ДЛЯ КОРІВ <i>Ребенко В. І.</i>	70
МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ПРИСТІННОГО ПОГРАНИЧНОГО ШАРУ З ЗОВНІШНІМ ЗБУРЕННЯМ <i>Дмитрів В. Т., Дмитрів Т. В.</i>	73
FEATURES OF CLEANING OF BIODIESEL FROM ALKALINE CATALYST <i>Borek Kinga</i>	75
НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНО-РОТОРНОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ З ПОВОРОТНИМИ ЛОПАТЯМИ <i>Краснолуцький П. П., Волошин С. М.</i>	76
 СЕКЦІЯ ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН AGRICULTURE 4.0 	
КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЛУЖНИХ ЛЕМЕШІВ ТА СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЗНОСОСТІЙКОСТІ <i>Денисенко М. І.</i>	81
МОЛОДИК М. В. – ВИДАТНИЙ УЧЕНИЙ У ГАЛУЗІ РЕМОНТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ <i>Василенко М. О., Кононогов Ю. А., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є.</i>	86
ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ <i>Василенко М. О., Буслаєв Д. О., Калінін О. Є., Кононогов Ю. А.</i>	88
ПЕРСПЕКТИВНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК <i>Болтянський Б. В., Болтянська Л. О.</i>	89
RELIABILITY OF DIESEL FUEL SYSTEM WORKING ON VARIOUS TYPES OF FUEL <i>Dmytro Zhuravel, Andrii Bondar</i>	93

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ВІД ЙОГО КОЕФІЦІЄНТУ ГОТОВНОСТІ <i>Надточій О. В., Тітова Л. Л., Прокопенко Є. А.</i>	96
ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ДИЗЕЛЯ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ВІБРАЦІЇ <i>Надточій О. В., Тітова Л. Л., Глибовець В. Р.</i>	101
РЕЖИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РЕСУРС ДИЗЕЛІВ <i>Надточій О. В., Тітова Л. Л.</i>	108
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН <i>Войтюк В. Д.</i>	114
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ МАШИН <i>Войтюк В. Д.</i>	117
ВПЛИВ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА СКЛАД ЗБИРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ <i>Іванов Б. О.</i>	122
ВПЛИВ ПОМИЛОК ПЕРСОНАЛУ НА НАДІЙНІСТЬ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ <i>Новицький А. В., Новицький Ю. А.</i>	127
ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДВИГУНІВ І ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ І РЕМОНТІ <i>Сиволапов В. А., Пилипчук Р. А.</i>	130
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ <i>Дереза О. О., Дереза С. В.</i>	132

СЕКЦІЯ ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ CARBON FARMING

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ФАКТОРІВ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ШВИДКІСТЮ ПОДАЧІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА <i>Тітова Л. Л.</i>	136
--	-----

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ШЛЯХОМ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ <i>Кравченко В. В., Войтік А. В.</i>	138
СЕРТИФІКАЦІЯ ТРАКТОРІВ ТА ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ <i>Дев'ятко О. С., Бойко І. О.</i>	140
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННИХ АГРЕГАТИВ НА ВНЕСЕННІ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ <i>Шатров Р. В.</i>	142
ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОРМОРОЗДАВАЧІВ-ЗМІШУВАЧІВ «STRAUTMANN VERTI-MIX» <i>Новицький Ю. А., Кармаліта О. С., Данілов А. В., Новицький А. В.,</i>	144
RULES FOR PLACING A GRAIN HARVESTER FOR WINTER STORAGE <i>Kuzmich I. M.</i>	146
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПОКАЗНИКІВ БЕЗВІДМОВНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВУЗЛІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>Шатров Р. Р.</i>	149
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЗРОСТАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ <i>Ничай І. М.</i>	151
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ДІАГНОСТУВАННЯ ВТРАТИ ТИСКУ ЧЕРЕЗ НЕЩІЛЬНІСТЬ ЦПГ ДВИГУНІВ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>Можарівський Д. М.</i>	153
MAINTENANCE OF MACHINES IN AGRICULTURAL SECTOR TAKING INTO ACCOUNT THE COEFFICIENTS OF REPEATABILITY <i>Dasic Petr</i>	155
DEOENDENCY ANALYTICAL MODEL TO DETERMINE PARAMETERS OF TECHNICAL STATE OF COMBINE HARVESTERS <i>Shvydun O. V.</i>	157

ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ <i>Любченко І. С.</i>	160
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ВИРОБНИЧО-ХРОНОМЕТРАЖНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПОЛЬОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА <i>Вельгас О. В.</i>	162
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ РОЗПОДІЛУ ОПЕРАЦІЙ ЗА ВИДАМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОРМОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ <i>Гненюк М. В.</i>	164
FUNCTION OF READINESS OF RESTORED SYSTEM COMBINE HARVESTER <i>Zadorozhniuk D. V.</i>	165

СЕКЦІЯ АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ АПВ

ФАКТОРИ ПОКРАЩЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ ШВИДКОПСУВНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ <i>Панафідніков М. С., Загурський О. М.</i>	168
КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ РІВНЯ ЛОГІСТИЧНОГО СЕРВІСУ В ЛАНЦЮЗІ ПОСТАЧАНЬ <i>Загурський О. М.</i>	170
ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД БОРОТЬБИ ЗІ СМЕРТНІСТЮ В РЕЗУЛЬТАТІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ <i>Соколюк Л. М., Колосок І. О.</i>	172
СТРАТЕГІЯ СТІЙКОЇ ТА РОЗУМНОЇ МОБІЛЬНОСТІ <i>Павловський В. В., Колосок І. О.,</i>	174
НОВАТОРСЬКА ЄВРОПЕЙСЬКА СИСТЕМА ЕКСТРЕНОГО ВИКЛИКУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ <i>Крими А. Г., Колосок І. О.</i>	176

ЗБІР ДАНИХ ПРО ДТП В КРАЇНАХ ЄС <i>Сірик Я. М., Колосок І. О.</i>	177
ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕННЯ АУДИТУ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ <i>Харитоненко М. Ю., Колосок І. О.</i>	179
ГЛОБАЛЬНИЙ ПЛАН ДЕСЯТИЛІТТЯ ДІЙ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНОГО РУХУ <i>Лозман Т. О., Колосок І. О.</i>	181
RISK OF OVERTURNING OF TRUCKS DUE TO SKIDDING WHILE DRIVING ON TURN IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS <i>Sokyrko A. I., Marchyshyna Ye. I.</i>	182
ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОВОГО ДВЗ Д-240-LPG-B2 З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ТА ПОСЛІДОВНИМ ВПОРСКУВАННЯМ ПАЛИВА <i>Ковальов С. О., Плис С. В., Ковальов Д. С.</i>	184
РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОРЕКТОРА «ЗАПАЛЬНОЇ ДОЗИ» ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ГАЗОДИЗЕЛЯ <i>Ковальов С. О., Патлатюк К. А.</i>	186
МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ДВИГУНА НА ОСНОВІ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО РОБОТИ <i>Дмитрів І. В.</i>	189
ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ АВТОТРАНСПОРТУ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ <i>Воронков О. А.</i>	192

СЕКЦІЯ
SMART ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ
У РОСЛИННИЦТВІ, ТВАРИННИЦТВІ І ПТАХІВНИЦТВІ

СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО SMART УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКИМ ГОСПОДАРСТВОМ <i>Кудриницький Р. Б., Днесь В. І., Крутич С. О.,</i>	195
--	-----

SMART TECHNOLOGY FOR DRYING FRUIT AND VEGETABLE <i>Palianychka Nadiia, Verkholtantseva Valentyna</i>	197
SMART ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН <i>Роговський І. Л.</i>	199
SMART ТЕХНОЛОГІЇ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ САМОХІДНИХ БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН <i>Коберник М. В.</i>	203
SMART SOCIAL NETWORKS AS EFFECTIVE TOOL FOR SURVEYING OF OPERATION OF AGRICULTURAL MACHINERY <i>Benashvili Mamuka</i>	207

СЕКЦІЯ АГРОТРОНІКА INTELLIGENT FARMING

АГРОТРОНІКА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН МЕТОДОМ АНАЛІЗУ РОЗМІРНОСТЕЙ <i>Сівак І. М.</i>	211
АГРОТРОНІКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ РОБОТИ РОБОЧОГО ОРГАНУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ STRIP-TILL <i>Сакунов Д. І.</i>	213
АГРОТРОНІКА ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ ТВЕРДОСТІ ҐРУНТУ НА ГЛИБИНІ ЗАРОБКИ НАСІННЯ <i>Парахова Л. Я., Сердюченко Ю. Ю.</i>	216
IDENTIFICATION AND PREDICTION OF MOISTURE DISTRIBUTION IN SOIL FOR IRRIGATION CONTROL <i>Al-Khazaal Haider Raad Nadya</i>	218
SIMULATION MODEL DATA OF COMPLEX SYSTEM OF RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY <i>Krasnopolska M. Ye.</i>	220
АГРОТРОНІКА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗРОШУВАННЯ ПОСІВІВ <i>Гуменюк Ю. О., Архинос В. О.</i>	224

АГРОТРОНІКА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ
БУРЯКІВ

Ямков О. В., Гуменюк Ю. О., Бориско О. М. 226

АГРОТРОНІКА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВИХ
БУРЯКІВ

Ямков О. В., Гуменюк Ю. О., Рудь Н. В. 227

СЕКЦІЯ
ОХОРОНА ПРАЦІ В АПК І ПРИРОДООХОРОННІЙ СФЕРІ

ЕКОЛОГІЧНЕ ОНОВЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОГО КОМПЛЕКСУ

Хітров І. О. 230

СИСТЕМНІСТЬ ЩОДО ОЦІНЕННЯ ПРОФЕСІЙНИХ РИЗИКІВ НА
ПІДПРИЄМСТВАХ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Войналович О. В., Мотрич М. М., Тимочко В. О. 232

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО КРИТЕРІЮ БЕЗАВАРІЙНОЇ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ
ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Писаренко Г. Г., Войналович О. В., Майло А. М., Писаренко С. Г. 235

ERGONOMIC FACTORS AND MEASURES TO PREVENT INJURIES
OF AGRICULTURAL WORKERS

Radiola D. M., Marchyshyna Ye. I. 238

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ З ВИКОНАННЯ РОБІТ ПІДВИЩЕНОЇ
НЕБЕЗПЕКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЗА НАРЯДОМ-ДОПУСКОМ

Корнієнко О. А., Марчишина Є. І. 240

IDENTIFICATION OF HARMFUL FACTORS OF PRODUCTION
IN WORKERS OF POULTRY FARMS

Marchuk O. M., Marchyshyna Ye. I. 243

ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ДО ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАС
ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Іщенко В. В. 246

PROTECTION OF AGRICULTURAL WORKERS FROM TRACTOR
HAZARDS

Xin Du 250

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Хмельовський В. С.

251

ISBN 978-617-8102-06-7

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
XIX МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНІЦІ»
з нагоди 92-ї річниці від дня народження
МОМОТЕНКА
Миколи Петровича
(1931-1981)
TechEnergy 2023

(18-19 травня 2023 року)

Відповідальний за випуск:

І. Л. Rogovskiy – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

Редактор –

І. Л. Rogovskiy.

Дизайн і верстка – кафедра технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України.

Адреса колегії – 03041, Україна, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 12^б, НУБіП України, навч. корп. 11, кімн. 208.

Видання даного збірника тез доповідей здійснено за фінансової підтримки Академії інженерних наук України

Підписано до друку 18.05.2023. Формат 60×84 1/16.
Папір Maestro Print. Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman та Arial.
Друк. арк. 14,6. Ум.-друк. арк. 14,9. Наклад 100 прим.
Зам. № 220099 від 16.05.2022.

Видавець і виготовлювач
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Віддруковано у редакційно-видавничому відділі Національного університету біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041 тел.: 527-81-55
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2065 від 18.01.2005 р.
