

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ



ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ: ВИКЛИКИ ДЛЯ УНІВЕРСИТЕТІВ НАУК ПРО ЖИТТЯ

Матеріали Міжнародної науково-практичної
конференції

ТОМ 5

КИЇВ – 2018

Організатор конференції:

Національний університет
біоресурсів і природокористування
України

Цілі сталого розвитку третього тисячоліття: виклики для університетів наук про життя: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 23–25 травня 2018 року: матеріали конференції. Київ. 2018. Т. 5. 278 с.

Матеріали конференції подано в авторській редакції

У збірнику подані результати обговорення актуальних проблем, перспектив і шляхів забезпечення сталого розвитку у контексті глобальних та регіональних викликів, трансформації суспільства та формування нової технологічної революції

Редакційна колегія:

Ніколаєнко С. М. (відповідальний редактор), Ібатуллін І. І. (заступник відповідального редактора), Барановська О. Д., Отченашко В. В., Самсонова В. В., Кирилюк В. І., Козирський В. В., Лисенко В. П., Заблудський М. М., Лакида П. І., Василюшин Р. Д., Кулаєць М. М., Остапчук А. Д., Цвіліховський М. І., Талавиря М. П., Тонха О. Л., Ковалишина Г. М., Шинкарук В. Д., Харченко С. В., Діброва А. Д., Доля М. М., Патика Т. І., Євсюков Т. О., Ковальчук І. П., Глазунова О. Г., Ткаченко О. М., Ружилюк З. В., Михайлович Я. М., Булгаков В. М., Голуб Г. А., Роговський І. Л., Кондратюк В. М., Баль-Прилипко Л. В., Чумаченко І. П., Яра О. С., Ладиченко В. В.

120 річниця НУБіП України присвячується

**ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ:
ВИКЛИКИ ДЛЯ УНІВЕРСИТЕТІВ НАУК ПРО ЖИТТЯ**

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

Том 5

- Секція 6 **«Проблеми розвитку систем енергетики і автоматики (електроенергетичні системи, автоматика і робототехнічні системи, електротехнології)»**
- Секція 7 **«Біоінженерія та новітні технології для сталого розвитку (інженерія, нові матеріали та технології, деревообробні та меблеві технології, транспортні технології, цивільний інжиніринг)»**

Відповідальний за випуск: **Отченашко В.В.**

© НУБіП України, 2018.

Секція 6 **«Проблеми розвитку систем енергетики і автоматики (електроенергетичні системи, автоматика і робототехнічні системи, електротехнології)»**

УДК 536.24

**ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
ТА ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ
В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ**

Горобець В. Г., доктор технічних наук, доцент (gorobetsv@ukr.net)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Проблеми енергозбереження та перехід на альтернативні джерела енергії повинні відігравати вирішальну роль в розвитку енергетично-паливного комплексу України, в тому числі і в аграрному секторі. На поточний момент часу основними джерелами енергії в Україні є природні викопні палива, такі як природний газ, ядерне паливо, вугілля, тощо. Разом з тим, величезний потенціал енергії (сонячної, ґрунтової, водної, повітряної) залишається практично невикористаним. Науково розроблені і технічно реалізовані пристрої для отримання теплової і електричної енергії використовуючи енергію зовнішнього середовища. До таких пристроїв відносяться теплові насоси, сонячні колектори і батареї, гідроелектростанції, вітрогенератори, геотермальні станції та інші пристрої [1].

В доповіді викладено основні напрямки впровадження енергозберігаючих технологій і альтернативних джерел енергії в аграрному секторі України. До цих напрямків відносяться заміна котельних установок, які працюють на органічних паливах (природному газі, вугіллі та інші.), на теплонасосні установки або гібридні системи, які можуть включати крім теплових насосів ще геліоколектори, акумулятори теплоти, автоматизовані теплові пункти управління мікрокліматом в приміщеннях різного призначення.

Окремий напрямок енергозбереження в аграрному секторі пов'язаний з впровадженням в житлових і громадських приміщеннях, фермах, теплицях та інших об'єктах рекуперативних технологій, згідно з якими теплота відпрацьованого повітря, продуктів згорання повертається для опалення об'єктів. При цьому відбувається передача теплоти від нагрітого повітря, що викидається в навколишнє середовище, до холодного повітря в теплообмінниках пластинчатого або кожухотрубного типу. Використання таких технологій дозволяє зекономити до 80% теплоти, що викидається в навколишнє середовище [2].

Перспективним напрямком являється також розробка нових систем підтримання мікроклімату, що базується на використанні низькопотенціальної енергії ґрунту, води підземних джерел для нагрівання (охолодження) повітря в зимовий (літній) період часу та створення оптимального мікроклімату в житлових і громадських будівлях,

птахофермах, тощо. При цьому економія витрат, наприклад, витрат природного газу може досягати 50% [3].

При розробці таких систем важливе місце займає акумулювання теплової енергії, яку можна накопичувати в період її надлишку і використовувати в період її недостаті. Розроблені теплові акумулятори з добовим періодом дії («заряд» і «розряд» акумулятора в денний і нічний час) або сезонного акумулятора (накопичення енергії в літній час і використання в зимовий період). В останній час проводяться наукові дослідження та розробка теплових акумуляторів, що базується на фахових або хімічних перетвореннях теплоакумуючого матеріалу. Акумулятори такого типу мають в 5-7 разів менші масогабаритні показники порівняно з водяними акумуляторами [4].

Інший напрямок енергозбереження базується на використанні енергії відходів рослинної продукції сільського господарства (бадилля рослин, лушпиння соняшника, гною, курячого посліду) для отримання біогазу в біогазових установках з подальшим його використанням як палива в когенераційних установках, які виробляють теплову і електричну енергію. Супутнім продуктом впровадження таких технологій є виробництво мінеральних добрив, що утворюються при зброджуванні відходів сільського господарства у метантенках. Впровадження таких технологій особливо ефективно, наприклад, при енергопостачанні тепличних господарств, де крім теплової і електричної енергії після відповідної очистки використовуються продукти спалювання біогазу, що містять вуглекислий газ, в приміщеннях теплиць для стимуляції росту овочевої та іншої продукції. При цьому продуктивність таких теплиць підвищується на 15-20% [5].

Велику економію енергетичних ресурсів можна отримати при використанні вітрової енергії у вітрогенераторах, що підтверджується досвідом багатьох країн (Німеччина, Великобританія, США), у яких вітроелектричні станції генерують до 20% від всієї виробленої електричної енергії. Особливу увагу слід звернути на розробку нових типів вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання, які є більш ефективними порівняно з вітрогенераторами лопатевого типу, що мають горизонтальне розміщення генеруючої системи [6].

Перелік посилань

1. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозабезпечення в агропромисловому комплексі. Тернопіль. Підручники і посібники, 2001. 984с.
2. Данилевский Л.Н. Системы принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии удаляемого воздуха для жилых зданий. Минск. 2014. 128 с.

3. Горобець В.Г., Троханяк В.І. Енергоефективна система підтримання мікроклімату у птахівничих приміщеннях. Київ. ЦП «Компринт». 2017. 227 с.

4. Горобець В.Г., Антипов Є.О. Акумулятори теплоти на основі фазоперехідних акумулюючих матеріалів. Київ. ЦП «Компринт». 2016. 167 с.

5. Горобець В.Г., Феофілов І.В. Когенераційні установки та їх використання в агропромисловому комплексі. Київ. ЦП «Компринт». 2012. 295 с.

6. Кривцов В.С., Олейников А.М. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика. Харьков «ХАИ». 2006. 519 с.

УДК 621.311.22

СУЧАСНІ ЗАХОДИ НАДІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ СІЛЬСЬКИХ РАЙОНІВ

Гребченко М.В., доктор технічних наук, професор
(grebchenko@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Сталий розвиток аграрного сектору держави пов'язаний із надійним електропостачанням промислових комплексів, житла та інфраструктури.

Забезпечення якісною електроенергією сільських регіонів можливо за рахунок розширення будівництва сонячних станцій та вітростанцій й оновлення структури електричних мереж.

Сільські електричні мережі відрізняються від мереж промислових районів більшою довжиною ліній та меншим електричним навантаженням. У багатьох випадках напруга сільських ліній не перевищує 110 кВ, а лінії виконуються повітряними.

Особливості використання відновлювальних джерел полягають в необхідності підключення до електроенергетичних систем у зв'язку з тим, що режим роботи цих джерел залежить від погодних умов та часу доби. Усі нові лінії необхідно виконувати за допомогою кабелів із зшитого поліетилену, що забезпечить з однієї сторони надійність роботи цих мереж, а з другої – не буде неефективного використання землі під повітряні лінії.

Для забезпечення необхідного рівня досконалості роботи електричних мереж будуть ширше впроваджуватись системи автоматизованого керування підстанціями, які засновані на використанні сучасних інформаційних технологій. Особлива увага буде приділятися впровадженню діагностики електричного обладнання, у тому числі кабелів, в його робочому стані.

УДК 681.3:519.711.3:517.958:621.313

**НЕСИНУСОЇДНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ЛІНІЙНОЇ
ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ**

Жильцов А.В., доктор технічних наук, доцент, **Сорокін Д.С.**, кандидат
технічних наук (Sdima.asp@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Широке використання у виробництві знаходять електротехнічні пристрої лінійної дії з вісесиметричним магнітним полем. Наприклад, підвищення якості та інтенсивності виконання технологічних процесів вібросортування, обвалення зводів у бункерах, заглиблення стрижнів або труб при облаштування свердловин, віброподрібнення та ін. потребує введення нових методів, які ґрунтуються на використанні імпульсних систем та машин. Роботу присвячено актуальній науковій проблемі розвитку методу інтегральних рівнянь для розрахунку електромагнітних систем, врахуванню взаємного руху компонентів електромагнітної системи зі складною геометрією та ефективному керуванню рухом якоря електромеханічної системи. Взявши за основу метод вторинних джерел було розроблено математичні моделі електромагнітних процесів, що протікають у пристрої. Спираючись на попередньо отримані математичні моделі та розроблені алгоритми сумісного розв'язку електромагнітних та механічних задач, проведено чисельний розрахунок параметрів руху лінійної електродинамічної системи з масивними феромагнітними елементами та постійними магнітами. Розглянуто режим живлення несинусоїдною періодичною напругою. Отримані залежності положення якоря, електромагнітної складової сили та миттєвої потужності теплових втрат від часу. Надані розрахунки та проведені теоретичні дослідження дозволять в майбутньому значно спростити процес проектування лінійних електромеханічних пристроїв із наперед заданими параметрами.

Різноманіття конструктивних рішень лінійних електричних машин призводить до необхідності аналізу електромеханічних процесів в них для подальшого визначення оптимальних геометричних та електрофізичних параметрів, їх режимів роботи. У попередніх роботах [0, 2, 4] авторами, на основі методу інтегральних рівнянь, було розроблено математичні моделі нестационарного електродинамічного процесу для обчислення миттєвих значень густини струмів намагнічування на границі феромагнітних тіл, густини вихрових струмів в перерізі масивних феромагнітних провідників, розглянуто різні варіанти конструкції (з струмами на якорях та з постійними магнітами) [4, 3]. Проведено дискретизацію отриманих інтегральних та інтегро-диференціальних рівнянь. Запропоновано алгоритм чисельного рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь та показана надійність отриманої за результатами результатів [2].

Головним завданням даної роботи було дослідити реакцію якоря

лінійної електромеханічної системи з масивними феромагнітними елементами конструкції на живлення періодичною несинусоїдною напругою.

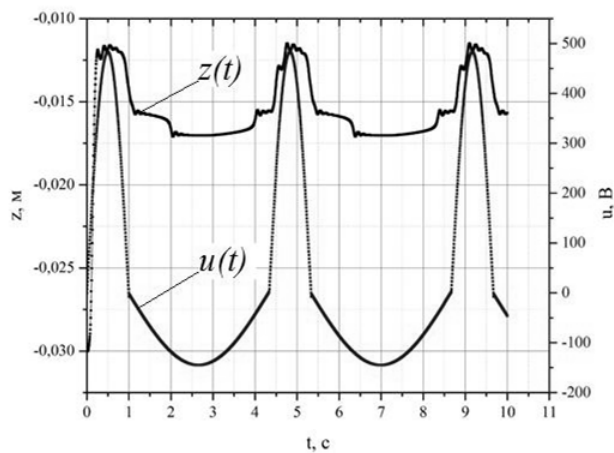


Рис. 1. Результати чисельного моделювання динамічної характеристики системи.

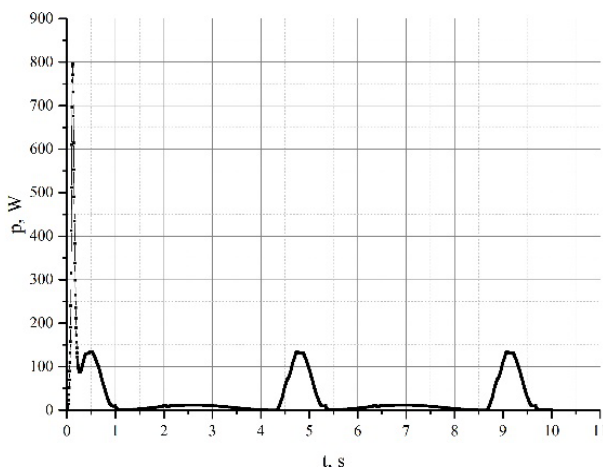


Рис. 2. Миттєва потужність теплових втрат.

охолодження.

Висновки. Для електромеханічної системи зворотно-поступальної дії з постійними магнітами та з рухомими масивними феромагнітними структурними елементами встановлено зв'язок між формою напруги живлення статора та формою динамічної характеристики (закон руху якоря), що створює передумови для розробки критеріїв напруги для джерела живлення для забезпечення необхідного закону руху якоря. Результати чисельного експерименту показали незначну потужність теплових втрат під час роботи на малих частотах живлення.

Перелік посилань

1. Zhiltsov A. The calculation of the magnetic field in the working area of the linear motor with permanent magnets. CPEE'2015 Матеріали

16-ї Міжнародної конференції «Обчислювальні проблеми електротехніки» (м.Львів 2-5 вересня 2015 р.). 2015. С. 252–255.

2. Жильцов А. В. Аналіз впливу вихрових струмів на динамічні та енергетичні характеристики лінійної електромеханічної системи. Вісник НТУ «ХП». Серія: "Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії". Харків. НТУ «ХП». 2017. № 1 (1123). С. 114–119.

3. Цивилицин В.Ю., Мильман Ю.В., Гончарук В.А., Бондар И.Б. Применение спеченных высокоэнергетических постоянных магнитов при разработке “магнитных пружин”. Доповіді Національної академії наук України. 2010. №9. С. 78–84.

4. Сорокін Д.С. Розвиток методу інтегральних рівнянь для розрахунку нестационарних електродинамічних процесів в системах з осью симетрії : дис. канд. техн. наук : 05.09.05. Київ. 2017. 152 с.

УДК 621.318

КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ І ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЕРТОВОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Заблодський М.М., доктор технічних наук, професор
(zablodskiyinn@gmail.com), **Клендій П.Б.**, кандидат технічних наук, доцент,
Вільчинський А.М.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Широке розповсюдження біогазових технологій стримує низька їх ефективність і висока енерговитратність забезпечення процесу біометаногенезу [1]. Оскільки традиційні способи підвищення енергоефективності таких установок майже вичерпали себе, необхідним є визначення можливості інтенсифікації процесу виробництва біогазу іншими засобами і методами, наприклад, стимуляцією мікроорганізмів, що беруть в ньому участь, електричними і магнітними полями [2-3]. Дані дослідження спрямовані на розробку способу інтенсифікації та управління процесами анаеробного бродіння, моделювання і експериментальні дослідження процесів впливу осцилюючого магнітного поля на водні субстрати різних відходів біомаси.

Біореактор розділений перегородками на чотири секції бродіння відповідно: підготовчого (кислого), нейтрального, лужного і метанового бродіння. Ряд модифікацій заглибних електромеханічних перетворювачів (ПЕМП) можуть виконуватися із заповненням внутрішнього обсягу магнітною рідиною (МЗ), що служить одночасно ущільнюючою речовиною і холодоагентом [4]. У пропонуваному способі ПЕМП розміщується в кожній з чотирьох секцій біореактора і виконує функції

перемішування і нагрівання субстрату. ПЕМП виконаний у вигляді двох статорів, підключених до напівпровідникового перетворювача напруги, а також порожнистого феромагнітного ротора, на якому жорстко закріплена шнекова мішалка з порожнистими лопатями. Внутрішня порожнина феромагнітного ротора і лопаті мішалки заповнені МЗ на основі парафіну, яка виконує одночасно функції теплоакumuлюючого матеріалу. У порожнині ПЕМП розташовані також безконтактний тахометр і датчик температури ротора. У стінках теплоізолюваного резервуара вмонтовані три датчики для вимірювання температури субстрату в трьох шарах по висоті резервуара, а також датчик окислювально-відновного потенціалу (ОВП). Усі датчики підключені до мікроконтролера через пристрої спряження, а управління напівпровідниковим перетворювачем напруги здійснюється за допомогою системи фазо-імпульсного управління. Від напівпровідникового перетворювача напруги в залежності від сформованого мікроконтролером закону регулювання, на індуктори подається напруга відповідної амплітуди і частоти. Змінні обертаються магнітні поля індукторів збуджують вихрові струми у феромагнітному роторі. При цьому створюються електромагнітний момент і здійснюється нагрів ротора. Таким чином, стає можливим регулювання швидкості, інтенсивності тепловиділень, а також здійснення реверсивного режиму обертання полого феромагнітного ротора і, відповідно, шнекової мішалки для створення сприятливих умов анаеробного процесу як в мезофільному, так і в термофільному режимах і збільшення доступної для ферментів питомої площі при механічній активації субстрату. На зовнішньої поверхні порожнистого ротора діє також низькочастотне магнітне поле, амплітуда якого може регулюватися в межах від 2,5 до 50 мТл, а частота – від 8 до 55 Гц.

Проведені експериментальні дослідження зміни рН і ОВП, а також процесу виходу біогазу при впливі електромагнітного поля на субстрат на лабораторній установці. Встановлено рівень магнітної індукції, при якому обробка водних розчинів забезпечує максимальні зміни рН і ОВП (0,065 Тл при швидкості руху розчину 0,4 м/с). На рис. 1 представлені графічні залежності виходу біогазу.

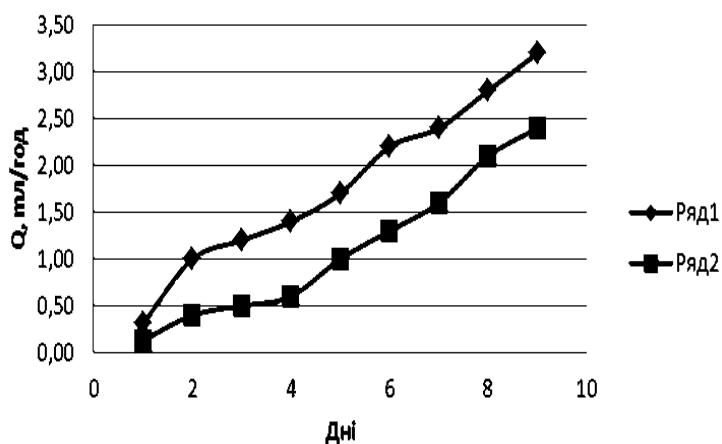


Рис. 1. Вихід біогазу: 1 – при впливі магнітного поля; 2 – без впливу магнітного поля.

Як впливає з наведених залежностей, при періодичній дії обертового магнітного поля з відносно незначним рівнем магнітної індукції в 1,7 разів підвищується вихід біогазу. Процеси виробництва біопалива потенційно можуть мати більш високу продуктивність за рахунок кращого використання і конверсії субстрату і більш короткого часу обробки.

Перелік посилань

1. Качан Ю.Г., Коваленко В.Л., Лапікова О.І. Аналіз ефективності та перспектив розвитку біогазової енергетики. Науковий журнал «Енергетика:економіка, технології, екологія». Київ. НТУУ «КПІ». 2015. №5. С. 79–83.

2. C.Mateescu,A.Caramitu,D. Marin, N. Butoi. Methanogenes Stimulation in Electric Fields for Frequencies in Range of 0,1-500Hz. Electrotehnika, Electronica, Automatica. 2017. Vol. 65. № 1. P. 67–71.

3. M. Zielinskaa, A. Cydzik-Kwiatkowskaa, M.Zielinskib. Impact of temperature, microwave radiation and organic loading rate on methanogenic community and biogas production during fermentation of dairy wastewater. Bioresource Technology. 2012. Elsevier Ltd. All rights reserved. P. 1–7.

4. N. Zablodskiy, V. Gritsyuk. Modelling of processes in electromechanical converters with magnetic-fluid filling. Электротехнические и компьютерные системы. №15(91). 2014. С. 323–328.

УДК 681.527:62-523

СПОСІБ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИМИ АМОРТИЗАТОРАМИ У ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Козирський В.В., доктор технічних наук, професор, **Петренко А.В.**,
кандидат технічних наук, доцент (sciencepost@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Напрями в машинобудуванні, що пов'язані з відмовою від використання традиційних видів палива та переходом на електротехнічні системи у виді електромобілів, створили стрімкий розвиток електротехнічних машинних комплексів. Розроблені електромобілі перестали бути простими структурами, що містять електричні накопичувачі, електричні двигуни, генератори та систему керування.

Дослідження проведені авторами у праці [1] свідчать про ще не вирішені проблеми зменшення жорсткості підвіски автомобіля при наявності коливань. Одним із способів зменшення коливань кузова автомобіля авторами у праці [2] отримано результати моделювання роботи лінійного електромагнітного перетворювача в якості амортизатора при русі

автомобіля. Дослідження довели доцільність використання лінійних електромагнітних перетворювачів в якості амортизаторів.

Так для збільшення генерування електроенергії в таких амортизаторах частота коливань підвіски автомобіля повинна збільшуватися, що негативно впливає на гасіння коливань кузова автомобіля. Аналіз існуючих технічних рішень дозволив створити технічний пристрій [3] і спосіб [4], використання яких дає можливість ефективно застосовувати магнітоелектричні лінійні амортизатори у транспортних засобах.

Суть рішення пояснюється кресленням (рис. 1), на якому показано структурну схему взаємодії давачів, амортизаторів і акумуляторних батарей.

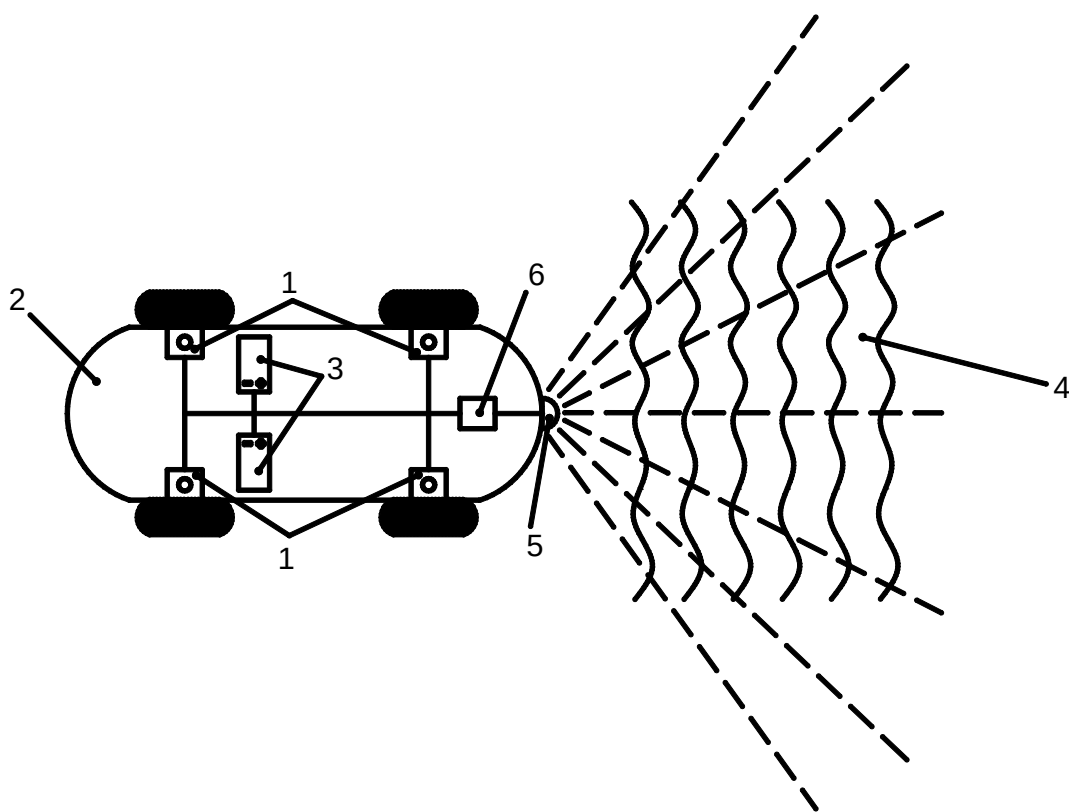


Рис. 1. Схема елементів транспортного засобу: 1 – магнітоелектричні амортизатори, 2 – транспортний засіб, 3 – акумуляторні батареї, 4 – проїзна частина, 5 – давачі, 6 – блок керування.

Поставлена мета досягається тим, що коливання демпфують шляхом прикладення до системи додаткової дисипативної сили опору, збудження імпульсів магнітного поля в демпфуючій магнітній рідині, яка просторово передуює попередньому фронту переміщення частини рухомої системи, що занурена в магнітну рідину по напрямленню переміщення, згідно запропонованого рішення транспортний засіб містить давачі, які генерують сигнал, щодо поверхні ділянки проїзної частини по якій

рухається транспортний засіб, що потім передається до блоку керування який в свою чергу визначає режим роботи магнітоелектричних (електричних, електромагнітних) амортизаторів, які працюють всі разом або кожен окремо, в режимі електродвигуна забезпечується кероване гасіння вібрації відповідно до крихкості вантажу що перевозиться, а в режимі електрогенератора забезпечується генерування електричної енергії шляхом перетворення механічної енергії коливань від нерівномірного покриття проїзної частини в електричну енергію для електричної системи транспортного засобу.

Використання способу енергоефективного керування магнітоелектричними амортизаторами у транспортних засобах, дозволяє перевозити вантажі з мінімальними витратами енергії, забезпечує зміну умов гасіння вібрацій для різних видів вантажів, а також акумулює перетворену механічну енергію коливань від нерівномірного покриття проїзної частини в електричну енергію.

Перелік посилань

1. Онищенко В.М., Ревтов Я.В. Моделирование колебаний автомобиля при медленном уменьшении жесткости амортизации. Автомобильный транспорт. 2010. Вып. 27. С. 22–24.

2. Сергиенко А.Н., Любарский Б.Г., Медведев Н.Г., Сергиенко Н.Е. Результаты имитационного моделирования ЭМП-амортизатора при движении автомобиля по неровностям. Вісник НТУ "ХПІ". 2014. № 10 (1119). С. 157–164.

3. Патент на винахід 101734 Україна, МПК F16F 6/00 (2013.01). Магнітоелектричний амортизатор / В.В. Каплун, В.В. Козирський, А.В. Петренко; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №u201110637; заявл. 02.09.2011; опубл. 25.04.2013. Бюл. № 8.

4. Патент на винахід 115917 Україна, МПК (2017.01) B60G 17/0165 (2006.01), F16F 6/00, F16F 15/03 (2006.01), B60W 30/182 (2012.01). Спосіб енергоефективного керування магнітоелектричними амортизаторами у транспортних засобах / В.В. Козирський, А.В. Петренко; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №u201601907; заявл. 29.02.2016; опубл. 10.01.2018. Бюл. №1.

УДК 621.313.2

**МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ
ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОГО ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО
ГЕНЕРАТОРА З КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ**

Козирський В.В., доктор технічних наук, професор, (epafort1@ukr.net)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Подольцев О.Д., доктор технічних наук, професор, (podol@ied.org.ua)
Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ

Трегуб М.І., кандидат технічних наук, доцент (tregyb.m.i@gmail.com)
Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква

Всі конструктивні типи електричних машин фактично визначаються конфігурацією ділянки магнітного кола ротора, яка найкоротша із прямолінійним напрямом магнітного потоку в роторах дискової та кільцево-циліндричної форми [1, 2]. Такі форми перспективні для вентильних реактивних електричних машин, у яких на роторі відсутні будь-які обмотки або постійні магніти [3]. Електричні машини з кільцево-циліндричним ротором крім того мають майже удвічі більшу площу активної поверхні в робочому немагнітному проміжку та подвійне число полюсів порівняно з традиційними електричними машинами із суцільним циліндричним ротором. Можна назвати ще ряд принципових переваг, які підтверджують перспективність кільцево-циліндричного типу електричних машин [4], однак з огляду на нетрадиційність конфігурації їх магнітної системи методи обґрунтування оптимальних геометричних розмірів магнітопровідної ділянки ротора потребують нових рішень, порівняно із методами оптимізації зубцево-пазових ділянок роторів традиційних електричних машин, зокрема [5] конструктивно подібних до ВРЕМ індукторних генераторів.

Тому можна стверджувати, що розвиток методів визначення оптимальних геометричних параметрів магнітних систем вентильних реактивних генераторів з кільцево-циліндричним ротором є актуальним завданням.

Для низькообертової безтрансмійної вітроелектричної установки перспективним є дугостаторний вентильний реактивний генератор з радіально-кільцевим ротором. За допомогою програмного пакету “COMSOL” та із використанням методу фізичного моделювання визначено вплив габаритних розмірів феромагнітного елемента кільцевого ротора на кратність зміни магнітної провідності електромагнітної системи такого типу генератора при різних положеннях ротора, що дозволяє встановлювати габаритні обмеження цієї системи. Встановлені числові співвідношення геометричних розмірів феромагнітного елемента кільцевого ротора квадратного перетину, за яких досягається максимальне

значення кратності зміни магнітної провідності електромагнітної системи в процесі його руху.

Перелік посилань

1. Eleonora Darie, Costin Cepisca and Immanuel Darie. The use of switched reluctance generator in wind energy applications. In Proceedings of EPE-PEMC. 2008. P. 1963–1966.
2. H. Li and Z. Chen Overview of different wind generator systems and their comparisons. in Proc.IET Renewable Power generation. 2008. Vol. 2. No 2. P. 123–138.
3. Сінчук О.М., Козакевич І.А., Юрченко М.М. Бездатчикове керування вентильними реактивними двигунами тягових електромеханічних систем. Технічна електродинаміка. 2017. № 5. С. 62–66.
4. M. Nassereddine, J. Rizk, and M. Nagrial, Switched reluctance generator for wind power applications. In Proc. World academy of science, Engineering and Technology. Vol. 31. July 2008. P. 126–130.
5. Альпер Н.Я., Терзян А.А. Индукторные генераторы. Москва. Энергия. 1970. 192 с.
6. Козирський В.В., Трегуб М.І. Методологія вибору типу і геометричної конфігурації кільцеворотного дугостаторного генератора безредукторної вітроелектричної установки. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку енергетики, електротехнологій та автоматики в АПК». Київ, 5–6 листопада 2013 року. С. 57–58.
7. Патент 101118 UA, МПК H02K19/20, H02K21/38 Индукторный аксиальный генератор / Трегуб М.І., Козирський В.В. №u201200837; заявл. 27.01.2012; опубл. 25.02.2013. Бюл. №4.

УДК 537.523.3

ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ В ІМПУЛЬСНОМУ БАР'ЄРНОМУ РОЗРЯДІ

Кондратенко І.П., доктор технічних наук, член-кореспондент НАНУ

(dep7ied@ukr.net), **Божко І.В.**, кандидат технічних наук

Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ

Озон широко використовується при очищенні питної та стічної води, дезінфекції, а також при зберіганні сільськогосподарської продукції. При отриманні озону будь-яким способом першочергове значення мають такі параметри, як питомі енерговитрати, що йдуть на утворення 1 кг озону, та концентрація озону. Для генерації озону вже протягом довгого часу в основному використовуються озонатори, що традиційно працюють на бар'єрному розряді (БР) змінного струму (до 20 кГц) [1]. Однак дослідження з підвищення енергоефективності БР безупинно продовжуються. Вони ведуться у різних напрямках, серед яких головними

є оптимізація виду напруги живлення та геометрії розрядної камери [1–3]. Так, у [1] наводяться дані, які свідчать, що завдяки збільшенню крутизни фронту імпульсу напруги на розрядному проміжку генератора озону з 0,02 до 0,25 кВ/нс питомі енерговитрати зменшуються майже у п'ять разів (від 13,3 до 2,8 кВт·год/кг). Проте в інших роботах повідомляється, що форма напруги не впливає на енергоефективність бар'єрного розряду за генерації озону [3]. Враховуючи те, що роботи [1–3] певною мірою мають протиріччя у висновках, постає питання: чи доцільно використовувати імпульсний бар'єрний розряд? Тому метою цієї роботи є встановлення чинників, які визначають ефективність генерації озону в імпульсному бар'єрному розряд (ІБР).

Експериментальна установка для досліджень ІБР складалась з коаксійної розрядної камери (РК), генератора імпульсів (ГІ) та пристроїв для вимірювання параметрів розряду, концентрації озону, витрат повітря тощо. ГІ забезпечував імпульси напруги з амплітудою до 27 кВ зі швидкістю її наростання $\Delta U/\Delta t = 0,8$ кВ/нс та частотою повторення імпульсів $f_i = 50 \dots 800$ Гц. Дослідження у РК велись в осушеному та не осушеному атмосферному повітрі. При дослідженнях вологість не осушеного повітря складала ≈ 17 мг/л, а осушеного – 0,1 мг/л.

Залежність концентрації озону C від частоти f_i проілюстрована на рис. 1. Криві 1-3 відносяться до сухого повітря за його витрати $Q = 1,5; 5; 10$ л/хв, а криві 4-6 – до не осушеного повітря за $Q = 1,5; 5; 10$ л/хв, відповідно. З рисунку видно, що за великої витрати ($Q \geq 10$ л/хв) зі збільшенням частоти f_i концентрація озону C лінійно наростає. За малої витрати ($Q \leq 5$ л/хв) залежності $C(f_i)$ мають нелінійний характер: їх крутість зі збільшенням частоти f_i зменшується. За одних і тих же умов у сухому повітрі генерується значно більше озону, ніж в не осушеному. Так, наприклад, за $f_i = 600$ Гц та $Q = 1,5$ л/хв концентрація озону у сухому повітрі у півтора рази вища, ніж у не осушеному.

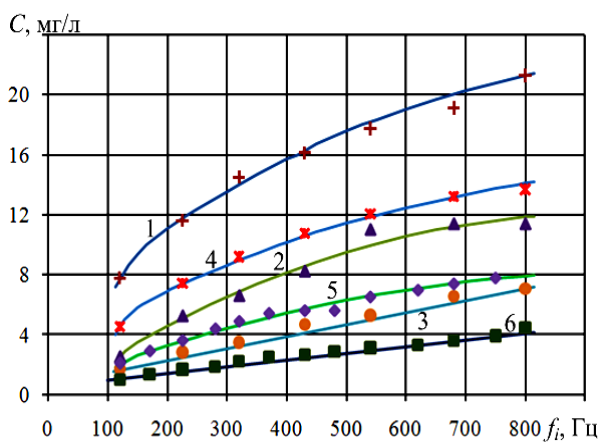


Рис. 1.

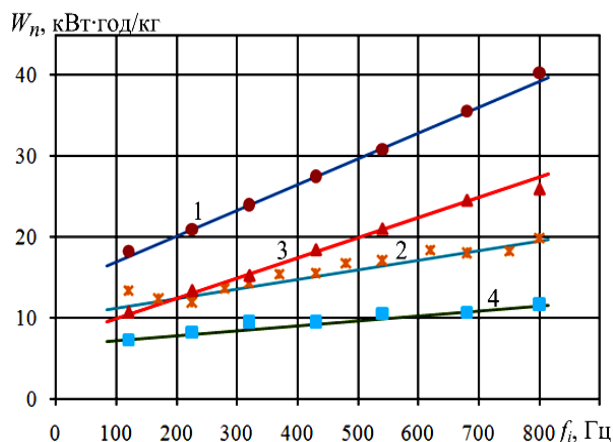


Рис. 2.

Питомі енерговитрати на генерацію озону W_n визначаються за виразом:

$$W_n = W_i f_i / (CQ),$$

де $W_i = 62$ мДж – енергія, яка виділялася в газовому проміжку РК під час одного ІБР. Вона розраховувалася за методикою [4]. Залежність величини W_n від частоти f_i показана на рис. 2. Криві 1, 2 відносяться до не осушеного повітря за $Q = 1,5; 15$ л/хв, відповідно, а криві 3,4 – до сухого повітря за $Q = 1,5; 10$ л/хв, відповідно. З рис. 2 видно, що за збільшення f_i у межах $100 \dots 800$ Гц енерговитрати W_n лінійно зростають у $1,5 \dots 3$ рази. Більший темп наростання (криві 1, 3) відповідає малим витратам повітря. За однакових умов значення W_n для сухого повітря приблизно в півтора рази менш ніж для вологого.

Висновки. Експериментально встановлено, що за крутості фронту імпульсу напруги на рівні $0,8$ кВ/нс досяжна концентрація озону в камері бар'єрного розряду становить 14 та 22 мг/л відповідно для не осушеного та осушеного атмосферного повітря. Ці величини на $20 \dots 25$ % вищі, ніж за використання бар'єрного розряду змінного струму. Мінімальні питомі енерговитрати на генерацію озону в імпульсному бар'єрному розряді складають 7 та 11 кВт·год/кг, відповідно, для сухого та вологого атмосферного повітря, що на $30 \dots 40$ % менше, ніж для бар'єрного розряду змінного струму. Виконані дослідження свідчать про суттєві переваги використання імпульсного бар'єрного розряду для генерації озону замість традиційного бар'єрного розряду змінного струму.

Перелік посилань

1. Самойлович В.Г., Гибалов В.И., Козлов К.В. Физическая химия барьерного разряда. Москва. Изд-во МГУ. 1989. 176 с.
2. Masuda S., Sato M. and Seki T. High-efficiency ozonizer using traveling wave pulse voltage. IEEE Trans. Ind. Appl. 1986. Vol. IA-22. № 5. P. 886–891.
3. Mericam-Bourdet N., Kirkpatrick M. J., Tuvache F., Frochot D. and Odic E. Effect of voltage waveform on dielectric barrier discharge ozone production efficiency. Eur. Phys. J. Appl. Phys. 2012. № 57. P. 30801.
4. Bozhko I.V., Serdyuk Y.V. Determination of Energy of Pulsed Dielectric Barrier Discharge and Method for Increasing Its Efficiency. IEEE Transactions on Plasma Science. 2017. Vol. 45. Issue 12. P. 3064–3069.

УДК 621.316

**ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Лежнюк П.Д., доктор технічних наук, професор (lezhpd@gmail.com),
Комар В.О., кандидат технічних наук, доцент, **Кравчук С.В.**, кандидат
технічних наук

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Наявність в електричних мережах фотоелектричних станцій (ФЕС) потенційно обіцяє покращання енергоефективності електропостачання споживачів електроенергії. Проте для підвищення надійності електропостачання необхідно компенсувати нестабільність генерування ФЕС, а для того, щоб досягти зменшення втрат електроенергії під час її транспортування, необхідно оптимізувати потужність ФЕС і місце їх підключення до мережі. Накладає додаткові умови те, що згідно [1] формуються вимоги до вітрових і сонячних електростанцій, згідно яких останні мають працювати за заявленим на наступну добу графіком генерування, приймати участь в регулюванні активної потужності і частоти, а також реактивної потужності і напруги.

Забезпечення належного рівня балансової надійності та якісного електропостачання виключно генеруванням ФЕС протягом довгого часу неможливе. Для збільшення енергоефективності систем електропостачання з ФЕС та підвищення можливості дотримання заявленого на добу наперед погодинного графіка генерування необхідним є декілька способів. Це використання накопичувачів або резерву електроенергетичної системи (ЕЕС), а також узгодження графіків генерування та споживання електроенергії.

На рис. 1, як характерний приклад, наведено прогнозований і заявлений на наступну добу графік генерування ФЕС, а також реальний графік генерування ФЕС в залежності від дійсних метеопараметрів на протязі доби, на яку прогнозувався графік генерування. Зроблено допущення, що генерування ФЕС спеціально не обмежувалося.

Визначення ємності накопичувача є задачею економічною, що потребує обґрунтування. Виходячи з цього, цільову функцію можна записати:

$$B_{\Sigma} = B(W_n) + B(P_{\text{граф}}) + B(\Delta W) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $B(W_n)$ – витрати на накопичувач ємністю W_n ; $B(P_{\text{граф}})$ – штрафні санкції за недотримання заявленого на добу наперед графіка генерування; $B(\Delta W)$ – витрати на компенсацію споживачам за недовідпущену електроенергію.

Альтернативою накопичувача електроенергії на ФЕС може бути використання резерву ЕЕС – реально для ОЕС України це теплові електростанції. В цьому випадку цільову функцію можна записати:

$$B_{\Sigma} = B(P_p) + B(P_{pc}) + B(\Delta W) \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $B(P_p)$ – витрати на використання резерву генерувальної потужності P_p ЕЕС; $B(P_{pc})$ – витрати на запаси пропускної спроможності ліній електропередачі.

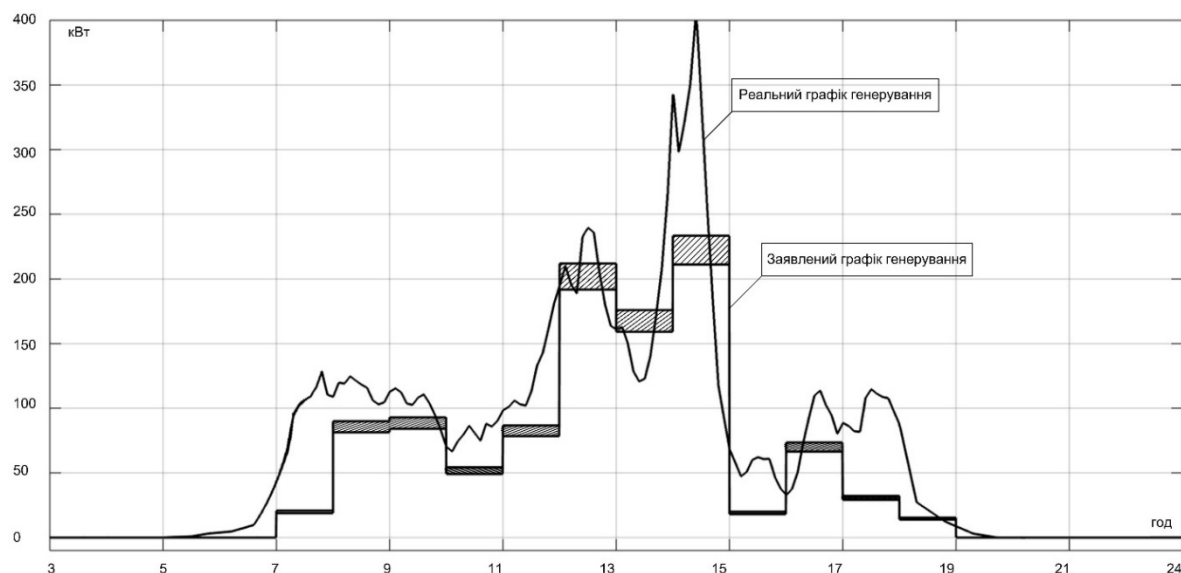


Рис. 1. Приклад заявленого і реального графіків генерування ФЕС.

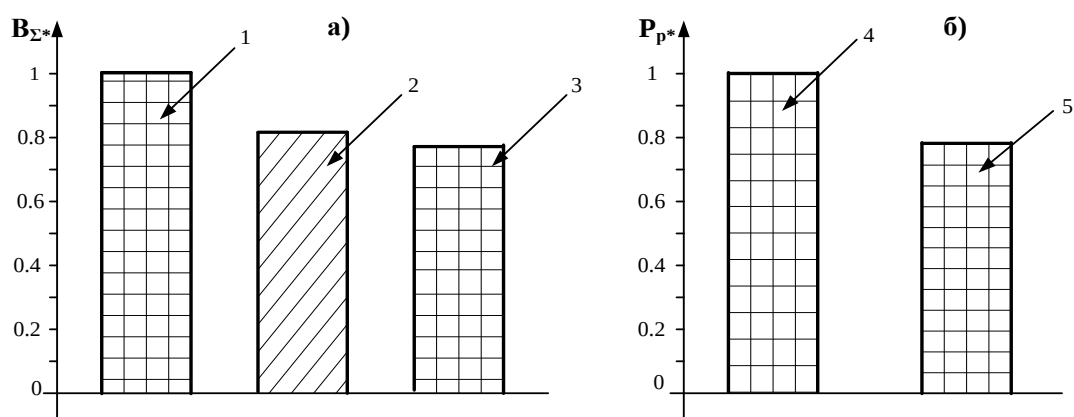


Рис. 2. Зміна вартості та потужності резерву для різних засобів підвищення балансової надійності: 1, 2 – вартість накопичувача та послуг ЕЕС відповідно; 3 – вартість накопичувача з врахуванням узгодження графіків генерування і навантаження; 4 – потужність резерву; 5 – потужність резерву з врахуванням узгодження графіків генерування і навантаження.

Суттєве зменшення витрат на забезпечення балансової надійності і покращання енергоефективності систем електропостачання дає узгодження графіків навантаження споживачів електроенергії з графіками її генерування. Причому позитивний ефект можуть дати навіть існуючі економічні важелі стосовно вирівнювання графіків навантаження. Проте для більшої ефективності необхідно створювати спеціальні методи

узгодження графіків навантаження і генерування для електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії.

На рис. 2 наведено приклад як впливає узгодження графіків навантаження і генерування на відносні витрати на резерв B та на потужність резерву P_p (за базу прийнято B та P_p на накопичувач). Для узгодженого з локальним електроспоживанням графіка генерування ФЕС потужність резерву буде найменшою.

У відповідності до задач (1) і (2) розроблено алгоритми і програмне забезпечення. Результати проведених розрахунків підтверджують позитивний вплив джерел розосередженого генерування на режимну та балансову надійність систем електропостачання за умови їх узгодженого генерування з графіком локального електроспоживання.

Перелік посилань

1. Закон України про ринок електричної енергії. <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.

2. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В. Визначення оптимальної потужності резерву для забезпечення балансової надійності локальної електричної системи // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків. НТУ «ХПІ». 2016. № 42 (1214). С. 69–75.

УДК 631.171:681.518

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Лисенко В.П., доктор технічних наук, професор, **Руденський А.А.**
(rudenaa@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Аграрний сектор економіки України протягом останніх років демонструє стабільність щодо значної долі при наповненні бюджету держави. Важливу роль при цьому відіграють компанії, що на промисловій основі виробляють продукцію тваринництва і рослинництва. Серед них заслуговують на увагу птахофабрики, тепличні комбінати, зернові господарства. Чому саме на них звернута увага? Саме для птахофабрик, тепличних комбінатів частка енергетики у структурі собівартості продукції сягає 15-80%, а тому її зменшення збільшує прибуток і це стає метою для таких підприємств [4]. Реалізується така задача на основі впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем автоматизації із використанням інтелектуальних алгоритмів керування. Спрощена схема такої системи показана на рис. 1.

Зернові господарства в Україні націлені на вирощування таких культур як кукурудза, пшениця, ячмінь тощо. При цьому весняне внесення

добрих для підживлення є надзвичайно важливим фактором, оскільки в значній мірі формує врожай. Окрім того, час внесення добрив, обмежений, а їх вартість суттєва. Усе зазначене вимагає нових підходів, направлених на програмування врожаю, що сприяє можливості отримати максимальний прибуток [2].

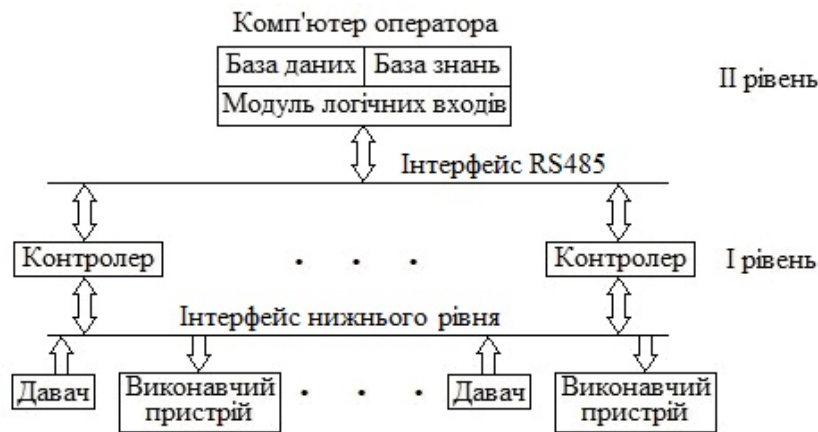


Рис. 1. Спрощена структура системи автоматичного управління.

Птахофабрики. Традиційні системи автоматизації на таких підприємствах функціонують без врахування природних збурень (у першу чергу температурних), їх оцінка, ідентифікація, прогнозування, аналіз вартості продукції та енергоносіїв та використання результатів зазначеного на основі теорії ігор і статистичних рішень дають можливість формувати стратегії керування, що призводить до економії (9-10)% енергії [1].

Тепличні комбінати. На врожайність і якість рослинної продукції у спорудах закритого ґрунту суттєво впливають такі природні збурення як температура навколишнього середовища та сонячна радіація. Їх прогнозування можливе за рахунок використання нейронних мереж, а врахування при цьому якості рослинної продукції як зворотного зв'язку в системах автоматизації, що функціонують на основі інтелектуальних алгоритмів, дозволяє отримати максимально можливий прибуток [3].

Вирощування зернових. Точне землеробство вимагає внесення добрив відповідно до потреби рослин із прив'язкою до географічних координат, а збір врожаю – із мінімальними енергетичними втратами. Зазначене стає можливим через використання так званої листової діагностики на основі вегетаційних індексів та визначення оптимальних маршрутів переміщення техніки для внесення добрив та збирання врожаю. Усе це реалізується шляхом застосування безпілотної техніки, нейронних мереж для побудови математичних моделей розподілу та динамічного програмування для прокладання оптимальних маршрутів [2].

Висновок. Використання інтелектуальних алгоритмів для складних біотехнічних об'єктів дає можливість економити енергетичні ресурси та забезпечувати відповідну якість продукції виробництва.

Перелік посилань

1. Лисенко В.П., Головінський Б.Л., Русиняк М.О. Аналіз традиційних систем управління мікрокліматом пташників. Способи зниження енергетичних затрат та підвищення ефективності роботи птахофабрик яєчного напрямку. Науковий вісник Національного аграрного університету. 2008. № 118. С. 174–181.
2. Лисенко В.П., Комарчук Д.С., Пасічник Н.А., Опришко О.О. Дистанційне зондування зернових культур для програмування врожаю. Київ. 2017. 362 с.
3. Лисенко В.П., Заєць Н.А., Штепа В.М., Дудник А.О. Нейромережеве прогнозування часових рядів температури навколишнього природного середовища. Біоресурси і природокористування. 2011. Т. 3. № 3-4. С. 102–107.
4. Лисенко В.П., Дудник А.О. Оптимальне управління: стан та перспективи розвитку в тепличній галузі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 166. Ч. 3. С. 104–112.

УДК 638.1

ОПТИЧНІ ЛІКУВАЛЬНІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В БДЖІЛЬНИЦТВІ

Кунденко М.П., доктор технічних наук, професор (n.p.kundenko@ukr.net),

Романченко М.А., доктор технічних наук, професор, **Санін Ю.К.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Підвищення рівня продовольчої безпеки країни передбачає не тільки збільшення обсягів виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, але і безпечність її споживання. У повній мірі це стосується і галузі бджільництва, яка забезпечує: опилення ентомофільних культур, сприяючи підвищенню їх урожайності; виробляє сировину для багатьох галузей промисловості та ексклюзивні бджолопродукти для харчування людей. Практика показує, що згубною перешкодою, яка постає на шляху природної нормальної життєдіяльності бджолосімей є інфекційні і інвазійні захворювання, в тому числі і така хвороба як варроатоз (інвазія кліща Варроа деструктор). Ця хвороба бджіл набуває світового масштабу і наносить значні матеріальні збитки як безпосередньо галузі бджільництва так і опосередковано виробництву продукції ентомофільних культур [1].

Аналіз наукових публікацій вітчизняних і зарубіжних авторів, роботи яких присвячені цій проблематиці свідчить, що боротьба з цим захворюванням проводиться декількома напрямками. Це хімічні способи із

застосуванням важких акарицидів штучно синтезованих (амітраз, флювалінат) або більш легких рослинного походження (тимол); фізичні способи із застосуванням оптичних електротехнологій в інфрачервоному (ІЧ) або ультрафіолетовому (УФ) діапазоні випромінювання, зоотехнічні тощо. Практика свідчить, що нині найширше використовуються хімічні способи боротьби з варроатозом. Вони сприяють зменшенню втрат бджіл, підтриманню на певному рівні розвиток та продуктивність пасік інфікованих кліщем Варроа деструктор (варроатоз). Але існуючі технології лікування бджіл від варроатозу із застосуванням хімічних активно діючих речовин разом з перевагами мають і ряд недоліків. Серед них забруднення залишками акарицидів бджолопродуктів, які негативно впливають на здоров'я бджіл і людей при їх споживанні, значна вартість препаратів, трудомісткість процесу обробки бджолосімей тощо.

Відомі роботи, в яких досліджувався вплив на біооб'єкти фізичними способами, зокрема дія оптичного спектру електромагнітного випромінювання в УФ діапазоні (UVB, UVC). Але відсутність науково обґрунтованих режимів біобезпечних оптичних електротехнологій і технічних засобів їх реалізації обмежують використання цих способів у боротьбі з варроатозом бджіл. При цьому слід зазначити, що відсутність спеціального технологічного обладнання при застосуванні оптичних електротехнологій для знищення кліщів Варроа деструктор на поверхні тіла бджоли відбувається безпосередньо в розплідному гнізді бджолосім'ї, порушуючи режим її життєдіяльності. У зв'язку з чим виникає необхідність в розробці і дослідженні більш ефективних, менш витратних оптичних електротехнологій та технічних засобів їх реалізації для боротьби з варроатозом бджіл. Перспективним напрямком підвищення ефективності боротьби з варроатозом фізичними способами може бути тільки за умови оптимального поєднання оптичних електротехнологій в УФ діапазоні випромінювання (довжина хвилі, кількість джерел, потужність потоку УФ випромінювання, біодоза, експозиція) з конструктивними параметрами багатофункціонального захисного пристрою льоткової приставки з системою світлодіодних модулів УФ випромінювання при живленні їх від фотоелементів і функціонально наближених до поверхні тіла бджоли [2].

На кафедрі інтегровані електротехнології та процеси ННІ ЕКТ проводяться роботи спрямовані на розв'язання низки наукових задач, у тому числі:

- обґрунтування принципово більш досконалої оптичної електротехнології і конструктивних параметрів захисного пристрою льоткової приставки для боротьби з варроатозом бджіл порівняно з існуючими аналогами;

- проведення теоретичних досліджень процесу обробки бджіл і кліща Варроа деструктор розробленим захисним пристроєм із системою

світлодіодів УФ випромінювання та отримання закономірностей залежностей процесу опромінення від її конструктивних параметрів;

- проведення багатофакторного експерименту з уточнення режимів оптичної електротехнології та параметрів льоткової приставки з системою світлодіодів УФ-випромінювання для знищення кліща Варроа деструктор тощо [3, 4].

Таким чином, дослідження і розробка оптичних електротехнологій і технічних засобів їх реалізації для боротьби з варроатозом бджіл є актуальним науково-прикладним завданням, що сприяє подальшому розвитку галузі бджільництва в Україні.

Перелік посилань

1. Морева Л.Я. Основные болезни медоносных пчел в осенне-зимний период. Пчеловодство. 2005. № 6. С. 28–30.

2. Патент 82214 Україна. Вулик з пристроєм для боротьби з варроатозом бджіл фізичним методом / М.А. Романченко, Л.С. Червінський, Ю.К. Санін, О.С. Нікітіна, С.П. Нікітін, В.М. Романченко. №01608; заявл. 11.02.2013; опубл. 25.07.2013. Бюл. №14.

3. Pomanchenko M.A., Kundenko M.P., Sanin Y.K. Application of nonmedicamentous biologically harmless elektrotechnologies and their implementation for varroosis control in honey bees. Yournal for veterinary medicine, biotechnology and biosafety. Kharkov. 2017. Vol. 3. Issue 4. P. 23–27.

4. Pomanchenko M.A., Kundenko M.P., Sanin Y.K. Analysis of the effect of ultraviolet I radiation on Varroa mite. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Kharkov. 2018. 1/5(91). P. 47–52.

УДК 632:935.4:621

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Никифорова Л.Є., доктор технічних наук, професор
(profnikiforova@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Багаточисельні дослідження не залишають сумніву у впливі електричних та магнітних полів різного частотного діапазону на біологічні об'єкти сільськогосподарського призначення. Всі живі організми виникли та функціонують завдяки взаємодії зовнішніх та їх внутрішніх факторів, у тому числі і тих, що мають електромагнітну природу. Завдяки дослідженням, які проведені різними науковими школами, в сільськогосподарському виробництві широко використовуються електротехнології – безпосередні електромагнітні впливи на сільськогосподарську продукцію в широкому частотному діапазоні.

Як правило, ці технології направлені на стимуляцію метаболічних процесів в живих організмах, що забезпечують цілеспрямований прояв їх генетичної програми, в агропромисловому комплексі – електротехнології переробки.

Разом із енергетичними впливами електромагнітних полів на біологічні об'єкти, відзначається їх інформаційний, не тепловий, вплив. Це не тільки передача електричного імпульсу по нервовим клітинам, але й дистанційна взаємодія, що відбувається за допомогою електромагнітних полів різних частот – від інфранизьких до надвисоких [1]. Ці взаємодії проявляються в синхронізації електромагнітних коливань, як груп клітин біологічного об'єкту так і самих багатоклітинних організмів.

Електромагнітні поля, що впливають на біологічні об'єкти, запропоновано поділяти на категорії: енергетичне теплове, за інтенсивності впливу $p_s > 10^{-2}$ Вт/см², низькоенергетичне – $p_s = (10^{-12} \dots 10^{-2})$ Вт/см² та інформаційне – з інтенсивністю впливу $p_s > 10^{-12}$ Вт/см² [1].

Стимуляція може відбуватися з використанням різних електромагнітних впливів: електричних полів високої напруженості $10^5 \dots 8 \cdot 10^5$ В/м, магнітними полями, світлом, лазерним, інфрачервоним, ультрафіолетовим та іонізуючим випромінюванням, за теплової обробки насіння рослин, обробки їх фізіологічно активними речовинами, за ультразвукової обробки, а також при зміні парціального тиску кисню.

При високих напругах та великих дозах впливу відбувається електроплазмоліз – руйнування клітин біологічних об'єктів, що використовується для створення енергоекономічних процесів сушіння рослинних матеріалів. Існує більше ніж 50 прийомів стимуляції насіння овочевих культур, що забезпечує підвищення їх врожайності. Однак не встановлено, чому при малих дозах впливу відбувається стимуляція життєдіяльності біологічних об'єктів, а при більш високих – їх пригнічення та загибель. Наявне пояснення цих питань не враховує електрофізичні процеси, що відбуваються в біологічних клітинах, і не пояснює ефекти електростимуляції та електроплазмолізу в них [2].

Отже, для широкого застосування електротехнологій у сільськогосподарському виробництві необхідна розробка систем контролю реакції біологічних об'єктів на зовнішній вплив, систем спостереження за електрофізичними процесами, що відбуваються в організмі, та побудова на основі отриманої інформації, замкнених систем керування продуктивністю біологічних об'єктів сільськогосподарського призначення.

Перелік посилань

1. Бородин И.Ф. Электричество управляет растениями. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1996. №4. С. 28–30.

2. Никифорова Л.Є., Гайдукевич С.В., Семенова Н.П. Низькоенергетична електромагнітна активація насіння. Науковий вісник НУБіП України. 2016. № 240. С. 176–184.

УДК 628.356.2

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ
ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ**

Ободович О.М., доктор технічних наук, старший науковий співробітник,

Сидоренко В.В., кандидат технічних наук (tdsittf@ukr.net)

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Область використання властивостей кисню в хімічних та біотехнологіях дуже висока. У загальному випадку аерація – процес насичення середовища, зокрема водних розчинів киснем повітря. Зважаючи на високу хімічну активність, кисень виступає як реагент у величезній кількості хімічних реакцій. Ще одною функцією кисню є його провідна роль в процесі дихання, властивого аеробним організмам.

Одним з видів масообмінного обладнання, що дозволяє істотно інтенсифікувати процеси диспергування, перемішування, розчинення, каталізу тощо є обладнання, що працює за методом дискретно-імпульсного введення енергії. Ефективність цього методу доведено у низці технологій при обробці гетерогенних середовищ [1].

Метою роботи є дослідження процесу абсорбції кисню у воді сульфідним методом в установці з дискретно-імпульсним введенням енергії та визначення ефективності аерації.

У результаті досліджень, проведених на експериментальній установці з роторно-пульсаційним апаратом (РПА) в якості аератора-змішувача було отримано значення сульфідного числа та коефіцієнту масопередачі для різних режимів обробки, а також зроблено порівняння умов аерації та її ефективності для деяких аераційних пристроїв за узагальненим критерієм аерації.

Висновки. Експериментальним шляхом доведено високу ефективність використання газорозподільного обладнання з дискретно-імпульсним введенням енергії. Ефективність аерації, тобто, питомі витрати енергії на одиницю розчиненого кисню, виявилась на порядок вищою за зразки пневматичної та механічної аерації, що було вибрано для порівняння.

Перелік посилань

1. Микро- и наноуровневые процессы в технологиях ДИВЭ. Тематический сборник статей: под общей ред. А.А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. Київ. Академперіодика. 2015. 464 с.

УДК 621.316.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАТЕМАТИЧНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ
РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В ЗАДАЧАХ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ**

Тугай Ю.І., доктор технічних наук, професор

Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ

Козирський В.В., доктор технічних наук, професор, **Тютюнник Ф.О.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Загалом, згідно [1], практичні критерії стійкості отримуються з умови рівності нулю головного визначника системи рівнянь, при цьому приймаються постійними необхідні параметри режиму. Інакше кажучи критерії застосовуються при певних обмеженнях. Наприклад прийнявши постійною частоту в системі, напругу у вузловій точці та потужність у вузловій точці граничний за стійкістю режим настане за умови [1]

$$\frac{dP}{d\delta} = 0, \quad (1)$$

Похідна $\frac{dP}{d\delta}$ називається синхронізувальною потужністю, її значення можна визначити за формулою

$$S_E = \frac{EU_C \cos \delta}{X_{рез}}, \quad (2)$$

де E – е.р.с. генератора; U_C – напруга системи; $X_{рез}$ – результуючий опір.

При додатних значеннях синхронізувальної потужності стійкий стан режиму забезпечений, тобто по знаку робиться висновок про стійкий чи не стійкий стан системи. На основі величини синхронізувальної потужності можна визначити запас стійкості.

За умови постійності частоти та збереження балансу активної потужності у вузлі навантаження умовою критичного за стійкістю режиму буде [1]

$$\frac{dE}{dU} = 0. \quad (3)$$

Недоліком даного методу можна назвати неможливість врахування особливостей розподіленої генерації. Висновок про стійкий чи не стійкий стан робиться на основі параметрів режиму та параметрів системи, а параметри генераторів, які описують його фізичні властивості, не враховуються. Врахування параметрів генераторів впливає на результат розрахунків по оцінці стійкості, а в деяких випадках, як буде показано далі, цей вплив може виявитися досить суттєвим.

Загалом в інженерній практиці, загальноприйнятою є думка про те що стійкість системи двох генераторів співрозмірної потужності буде забезпечена при малих збуреннях, оскільки кут між векторами напруги, що відповідає межі стійкості більший від кута, що відображає межу потужності. Даний підхід є цілком обґрунтованим та підтверджується розрахунками. Але за наявності джерел РГ це твердження не завжди буде істинним, оскільки не враховується структура РГ [2].

В математичному апараті, що використовується для визначення межі стійкості, фігурує величина постійної інерції, яка визначається на основі величини махового моменту. Вплив значення постійної інерції є досить суттєвим. Для розрахунків статичної стійкості необхідно застосовувати метод малих коливань. Вибір даного методу ґрунтується на можливості врахування динамічних характеристик генераторів.

Відповідно до [1], для системи, що складається з M генераторів, можна записати рівняння малих коливань, що мають вигляд:

$$\begin{cases} T_{J1} \frac{d^2 \Delta \delta_1}{dt^2} + \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{12}} \Delta \delta_{12} + \dots + \frac{\partial P_1}{\partial \delta_{1M}} \Delta \delta_{1M} = 0; \\ T_{J2} \frac{d^2 \Delta \delta_2}{dt^2} + \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{12}} \Delta \delta_{12} + \dots + \frac{\partial P_2}{\partial \delta_{1M}} \Delta \delta_{1M} = 0; \\ T_{JM} \frac{d^2 \Delta \delta_M}{dt^2} + \frac{\partial P_M}{\partial \delta_{12}} \Delta \delta_{12} + \dots + \frac{\partial P_M}{\partial \delta_{1M}} \Delta \delta_{1M} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Постійна інерції T_j є досить істотним фактором при оцінці стійкості. Механічні властивості турбогенераторів різної потужності істотно відрізняються. А у випадку турбогенераторів малої потужності, що потенційно відносяться до розподіленої генерації, слід відзначити їх незначну одиничну інерційність. Даний факт визначає їх реакцію на дію збурень різної природи, що наявні в електричній системі, як наслідок на стійкість.

Перелік посилань

1. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем: под ред. Л.А. Жукова. Москва. Энергия. 1979. 456 с.
2. Tiutiunnyk F., Prystupa A. and Bodunov V. Improving methods for evaluating the stability of electrical systems with distributed generation. II International Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering (YSF), Kharkiv, Ukraine. 2016. P. 37–40. doi: 10.1109/YSF.2016.7753795.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН
В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ**

Червінський Л.С., доктор технічних наук, професор
(lchervinsky@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

При вирощуванні рослин в середовищі захищеного ґрунту важливим фактором, що впливає на формування якості та врожайності культур є опромінення, особливо в пори року, коли сонячного світла є недостатньо.

Сучасна світлокультура рослин як новий високоінтенсивний тип сільськогосподарського виробництва, являє собою широку комплексну проблему, успішне вирішення якої пов'язано з участю різних спеціалістів – фізіологів рослин і світлотехніків, агрономів і електротехніків.

Розрахунки показують, що витрати електроенергії в оптичних технологіях в аграрному секторі економіки становлять 15–20 % від загальних витрат у галузі. Це надає особливої актуальності проблемі енергозбереження в технологіях опромінення, важливе місце серед яких займає вирощування рослин у закритому ґрунті [1].

Основними факторами, що впливають на розвиток і ріст рослин є: режим опромінення, ефективність засвоєння поживних речовин, вплив коливань температури і вологості [2, 3].

Регресійну залежність впливу факторів опромінення в загальному вигляді можна представити виразом:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

де b_0 – вільний член, що характеризує сталі параметри мікроклімату; b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти впливу факторів; x_1, x_2, x_3 – фактори впливу; x_1 – інтенсивність (доза) випромінювання, x_2 , час дії опромінення, x_3 – спектральний склад потоку оптичного випромінювання.

Взаємодію цих факторів і, відповідно, ефективність характеризують три останні члени рівняння регресії.

Тому задачею оптимізації технологічних процесів у спорудах захищеного ґрунту є отримання таких результатів:

- якщо вихідним результатом процесу є збільшення врожайності, то він (результат) повинен прагнути до максимального значення;
- якщо ж вихідним результатом є зменшення собівартості виробленої продукції, то цей результат має прагнути до мінімуму.

Вирішуючи наведені задачі оптимізації, можна знайти найбільш ефективні значення факторів впливу [4]. При цьому можна використовувати різні методи: математичний, експериментальний, метод експертних оцінок Дельфі, тощо.

Перелік посилань

1. Червінський Л.С., Сторожук Л.О. Світлокультура рослин. Процес становлення. Енергетика і автоматика. 2010. № 3(5) [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/eia/2010-3/index.htm>.

2. Червінський Л.С., Луцак Я.М. Математичне моделювання просторової фотосинтезної опроміненості в спорудах захищеного ґрунту. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. 2016. Вип. №4. С. 53–61.

3. Червінський Л.С., Луцак Я.М. Обоснование влияния спектрального состава источников световой энергии на жизнедеятельность растений в сооружениях закрытого грунта. Инновации в сельском хозяйстве. Москва. ВИЭСХ. 2016. Вып. №4 (9). С. 180–187.

4. Червінський Л.С., Усенко С. М., Книжка Т. С., Луцак Я.М. Метод визначення просторової фотосинтезної опроміненості. Технічна електродинаміка. 2016. №5. С. 88–90.

УДК 619:615.12:006.44

КОМУ ВИГІДНА "ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА"?

Білик Б.Я., Білик Я.В. (bslikb345@gmail.com)

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж», м. Бережани

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, постановляє установити «зелені» тарифи на електричну енергію, вироблену суб'єктами господарювання на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії, та надбавки до «зелених» тарифів за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва згідно з додатком [1]. Та ж комісія, підвищила "зелені тарифи" на 1,5% через зміну курсу євро. Відповідне рішення регулятор прийняв на засіданні 29 червня. За даними НКРЕКУ, середній рівень "зеленого" тарифу в третьому кварталі 2017 року становив 663,96 коп за кВт-год (з ПДВ) [2].

Повідомлення про нові успіхи і перспективні проекти з'являються чи не щотижня. Україна створює парк зеленої енергетики на своїй території, всіма можливими способами та засобами.

На перший погляд, це виглядає як доказ того, що Україна не стоїть осторонь найпотужнішого глобального тренду в енергетиці. У світі сонячна енергетика переживає справжній бум. Таких темпів будівництва електростанцій людство не бачило ні під час «вугільної» енергетики, ні під час «газової».

На початок 2017 року сонячні потужності у світі перевищили 300 ГВт – по встановленій потужності, це еквівалент 50 Запорізьких атомних електростанцій – а вона найбільша в Європі. За прогнозами, в нинішньому році збудують ще близько 100 ГВт. Це що перед нами, перемога у гонці за відновлювальні джерела? Ні, навпаки, якщо згадані посадовцями та експертами проекти будуть реалізовані, вітчизняну економіку чекають тяжкі проблеми. І що найгірше – ці проблеми є штучно

створеними з метою накопичення надприбутків з рахунк пересічних споживачів традиційної енергетики.

Вони на довгі роки позбавлять Україну унікального шансу – отримати завдяки сонячній генерації екстремально дешеву електричну енергію, і фактично в необмеженій кількості, як це зараз відбувається в усьому світі.

Чому бум сонячної енергетики, яка демонструє вражаючий прогрес у різних країнах світу, є свідченням занепаду в українських умовах?

Справа в тому, що українські посадовці, які лобіюють і просувають будівництво нових сонячних електростанцій, не усвідомлюють (або роблять вигляд, що не усвідомлюють) того, що підтримка відновлюваної енергетики, яка діє зараз в Україні щодо сонячної генерації, застаріла. У цих умовах швидке введення в експлуатацію сотень нових сонячних електростанцій призведе до колосальних збитків – як енергетичної галузі, так і економіки в цілому.

Зараз у світі будівництво сонячної електростанції «під ключ» коштує менше долара за ват. Тобто щоб генерувати наприклад 100 ват ви маєте вкласти трохи менше \$100. В українських умовах можна говорити про 60-70 центів за ват "під ключ".

Це означає, що собівартість 1 кВт-год від електростанцій, якими починає вкриватися Україна, становить 2-3 центи. А виробнику по чинному зеленому тарифу заплатять 17 центів це приблизно 600-800% прибутку. Звідки візьмуть ці кошти? Це джерело швидких надприбутків, причому отриманих цілком законно і за благородну справу – порятунок планети від екологічного забруднення.

Так що цілком зрозуміло, чому в Україну шикуються в чергу інвестори, які прагнуть збудувати тут побільше сонячних електростанцій. Вони теж знають ринкову ситуацію, і читають профільні видання, де українські зелені тарифи називають чи не найщедрішими у світі. Незрозуміло інше – чому Україна повинна оплачувати цей атракціон небаченої щедрості.

Найбільш показовим прикладом такого безумства була Іспанія. Іспанська влада запровадила у середині 2000-х високі зелені тарифи для нових сонячних потужностей (у 2008 році вони становили 32 євроценти). Інвестори швидко будували нові електростанції. Іспанія вийшла в світові лідери у сонячній енергетиці (до речі, завдяки тим темпам вона досі залишається в топ-10 країн за потужністю сонячних електростанцій). А далі щось пішло не так. Сонячні гігавати у сприятливих іспанських умовах генерували терават-години електроенергії, яку держава зобов'язалася купувати по завищених зелених тарифах. У 2012 році власники електростанцій отримали \$10,6 мільярдів субсидій, що становило третину від усієї вартості генерованої в країні електрики. Субсидії

накопичувалися, і зрештою дефіцит енергосистеми, який мала покривати держава, сягнув 24 мільярдів євро.

Уряд Іспанії зрозумів, що створив катастрофу. В країні запровадили ліміт на спорудження нових сонячних електростанцій.

Україна теж підписала Енергетичну хартію і ризикує повторити іспанський сценарій. Сумнозвісний "Роттердам+" штовхає ціну на електроенергію вгору.

За останні два роки було введено 30% усіх потужностей відновлювальних джерел електроенергії (ВДЕ), і в 2018-2019 роках очікується продовження буму. Інвестори хочуть встигнути до планового зменшення тарифу з 1 січня 2020 року. Кількість введених в експлуатацію потужностей у 2017 році вдвічі перевищила показник 2016 року.

"Зелений" тариф в Україні запустив ринок відновлюваних джерел енергії, однак він має низку недоліків. Хоча поки що нема фінансової моделі та розуміння технологічних обмежень, питання можливого банкрутства ринку та дисбалансів у виробництві електроенергії потрібно брати до уваги заздалегідь.

Крім того, поточна модель "зеленого" тарифу передусім підтримує великих виробників, тоді як малі та середні бізнеси мало зацікавлені у встановленні невеликих потужностей, хоча саме мала генерація стала одним із стовпів визнаної історії успіху у переході на ВДЕ в Німеччині.

Утім, "зелений" тариф це не єдиний механізм стимулювання виробництва енергії з відновлюваних джерел. Досвід свідчить, що країни впроваджують різні моделі підтримки. "Зелені" сертифікати є одним із способів такого стимулювання. Ця система діє у США, Канаді, Австралії, Швеції, Норвегії, Великобританії.

Її суть у тому, що кожна нова кіловат-година з ВДЕ отримує визначену кількість сертифікатів, які продаються та купуються на вільному ринку. Щоб створювати попит на ці сертифікати, регулятор встановлює квоти на обов'язковий вміст "зеленої" енергії в усьому об'ємі продажу електроенергії постачальниками.

Така система дозволяє не тільки стимулювати розвиток ВДЕ, а й поступово встановлювати відсоток енергії з ВДЕ в загальному енергоміксі, регулюючи кількість сертифікатів на кВт-год для кожного джерела енергії.

Це створює динамічну систему, яку можна ефективно контролювати і яка забезпечує швидку адаптацію до світових цін на нові "зелені" потужності на відміну від системи "зеленого" тарифу, перегляд якого потребує довгих розрахунків [3].

Перелік посилань

1. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 29.12.2017, № 1617 «Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію та

надбавки до «зелених» тарифів за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва для суб'єктів господарювання».

2. <http://interfax.com.ua>.

3. <http://epravda.com.ua>.

УДК 636.5252/58:62503.51

**ПІДСИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ЯКОСТІ
ТОМАТІВ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ
ЕНЕРГЕТИЧНИМИ РЕСУРСАМИ В ПРОМИСЛОВІЙ ТЕПЛИЦІ**
Болбот І.М., кандидат технічних наук, доцент (igor-bolbot@nubip.edu.ua)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Оцінка якості на основі диференційного і комплексного методів оцінки рівня якості томатів, не дозволяє успішно вирішити поставлене завдання комплексної оцінки рівня якості томатів, оскільки необхідно враховувати декілька показників якості, а саме ступінь зрілості, діаметр томата та стебла рослини, коли за допомогою диференціального методу практично неможливо зробити конкретний висновок, а застосування тільки одного комплексного методу не дає можливості врахувати всі властивості томатів. Для оцінки рівня якості томатів застосуємо змішаний метод, який дозволить комплексно оцінити рівень якості томатів, тим самим надати достовірну інформацію про стан біологічного об'єкта системі керування електротехнічними комплексами в промисловій теплиці.

Суть оцінки цього методу полягає в наступному:

- зазначені показники якості об'єднуємо в групи, для кожної визначаємо груповий комплексний показник, найбільш значимі одиничні показники не включаємо в групи, а розглядаємо окремо, для якісної оцінки показники групуємо за характерними властивостями;

- знайдені величини згрупованих комплексних і окремо виділених найбільш важливих одиничних показників порівнюємо із відповідними значеннями базових показників, тобто застосовуємо принцип диференціального методу;

- при необхідності всі обрані показники і групи показників зводимо в комплексний визначальний показник, на підставі якого здійснюємо остаточну оцінку рівня якості томатів.

У загальному вигляді на основі комплексного середньозваженого арифметичного і геометричного визначення показників, формула для оцінки рівня якості томатів змішаним методом має наступний вигляд:

$$K = \sum_{j=1}^T \left(A_j \cdot \sum_{i=1}^{H_j} (a_i \cdot k_i) \right) = \sum_{j=1}^T (A_j \cdot G_{jg})$$

де T – кількість груп показників якості томатів; G_{jg} – рівень якості j -ї групи показників; H – число показників якості в j -й групі; a_i – коефіцієнт вагомості i -ї властивості; k_i – відносний i -й показник якості; A_j – параметр вагомості j -ї групи показників якості томатів.

Висновок. Підсистема комплексної оцінки рівня якості томатів системи інтелектуального управління енергетичними ресурсами в промисловій теплиці, використовує змішаний методу оцінки якості, який дозволяє комплексно оцінити рівень якості томатів, враховуючи їх ступінь зрілості та кількість, діаметр плоду та стебла рослини.

Перелік посилань

1. Таунсенл П., Гебхардт Дж. Качество делает деньги. Как вовлечь персонал в процесс обеспечения качества. Москва. РИА «Стандарты и качество». 2009. 160 с.

2. Харрингтон Д.. Управление качеством в американских корпорациях. Москва. Экономика. 1990. 272 с.

УДК 621.1.0329.37.022

БАРАБАННИЙ ЕЛЕКТРОКОРОННИЙ СЕПАРАТОР ЗЕРНА

Борщ Г.М., кандидат технічних наук, доцент (Borsch_G@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

У коронному барабанному сепараторі зерно розділяється за фізичними і електричними властивостями.

Зерно потрапляє на поверхню заземленого барабана, який обертається в полі коронного розряду, відбувається комбінована зарядка (іонна зарядка від барабана) [1].

Електрична провідність зерна кондиційної вологості мала, тому воно отримує заряд, який має коронний електрод.

У полі коронного розряду на частинку (зерно) діє сила тяжіння, відцентрова сила, електрична сила [2].

Якщо частинка не відірвалась від барабана в верхній частині, вона залишається на ньому та виходить з зони поля. Напруженість поля в цій частині зменшується, заряд частинок на нижній частині заземленого барабана поступово зменшується і стає рівним нулю.

Залежно від сумарної дії сил одні зернинки відриваються від барабану в верхній частині, інші при виході з зони поля, треті відділяються щіткою.

Найкращі результати отримують при сепарації насіння зернових культур від полови, пилу, насіння бур'янів.

Перелік посилань

1. Червінський Л.С., Книжка Т.С., Романенко О.І. Вплив електромагнітних полів на живі організми і механізми їх впливу. Вісник

Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Харків. 2013. Вип. 141. С. 121.

2. Червінський Л.С., Борщ Г.М. Електротехнології та електроосвітлення. Київ. ЦП «Компринт». 2017. 670 с.

УДК 621.314.55(088.8)

ЕЛЕКТРИЧНІ ПРИСТРОЇ НА МАГНІТНО НЕ ЗВ'ЯЗАНИХ КІЛЬЦЕВИХ ОСЕРДЯХ

Брагіда М.В., кандидат технічних наук, доцент (bragida556@ukr.net)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Електричні пристрої на магнітно незв'язаних магнітопроводах, як правило, являють собою кільцеві осердя не менше двох на які можуть бути намотані обмотки. Ці осердя електрично зв'язані між собою однією або декількома обмотками (обмотки зв'язку).

Такого типу пристрої можуть бути реалізовані в сфері дугового електрозварювання, електродугових плавильних печах, трансформаторах зі зміною числа фаз.

Практичну апробацію пройшли зварювальні трансформатори рис.1, рис. 2 [1, 2]. Такого типу трансформатори складаються із двох кільцевих осердь I та II з обмотками 3. На основному осердді I розміщена первинна обмотка 1, яка під'єднується до електричної мережі; на осердді II – обмотка регулювання струму зварювання. Осердя охоплені обмоткою зв'язку 4.

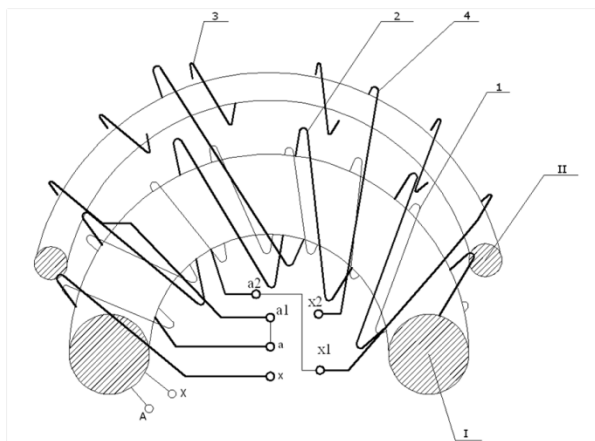


Рис. 1. Конструктивне виконання зварювального трансформатора.

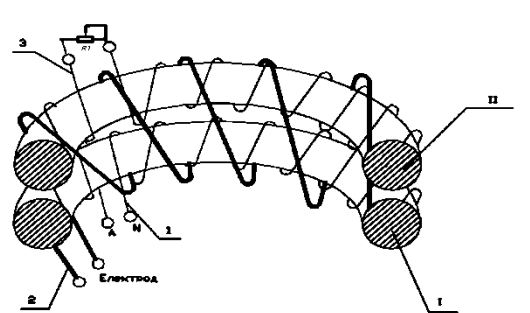


Рис. 2. Удосконалене конструктивне виконання зварювального трансформатора.

Вторинна обмотка (рис. 1) розміщена на основному осердді поверх первинної. Одним кінцем вона приєднується до зварювальної деталі, а другим послідовно до обмотки регулювання-обмотки зв'язку. Обмотка

зв'язку налічує $5 \div 7$ витків. Регулювання струму зварювання в сторону зменшення здійснюється перемиканнями витків.

На рис. 2 приведена удосконалена конструкція [2]. В ній обмоткою зв'язку служить вторинна обмотка 2. Вона охоплює обидва кільцеві осердя. Максимальний струм зварювання буде при розімкненій обмотці регулювання. Замкнувши обмотку на опір, і змінюючи його, отримаємо плавну зміну струму зварювання в певному діапазоні.

Проведені лабораторні дослідження та отримані характеристики електромагнітних процесів. Заслужують на увагу характеристики короткого замикання (рис. 3, рис. 4). Характеристики залежать від струму регулювання. Маємо діапазон в межах якого можна регулювати струм зварювання.

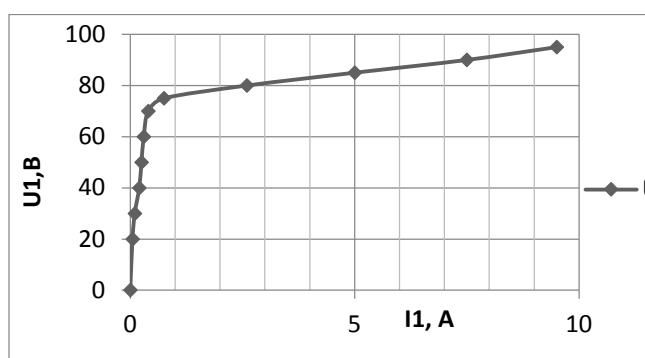


Рис. 3. Характеристика короткого замикання при $I_p = 0$.

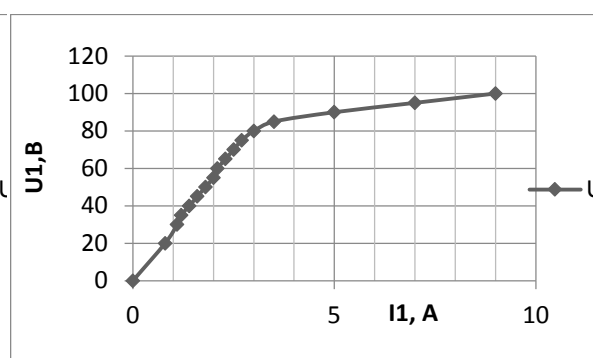


Рис. 4. Характеристика короткого замикання при $I_p = 10 A$.

Регулювальна характеристика (рис. 5) має мінімальне значення струму мережі, до якого доцільно збільшувати струм регулювання. Подальше збільшення струму регулювання недоцільне, так як зростає струм мережі.

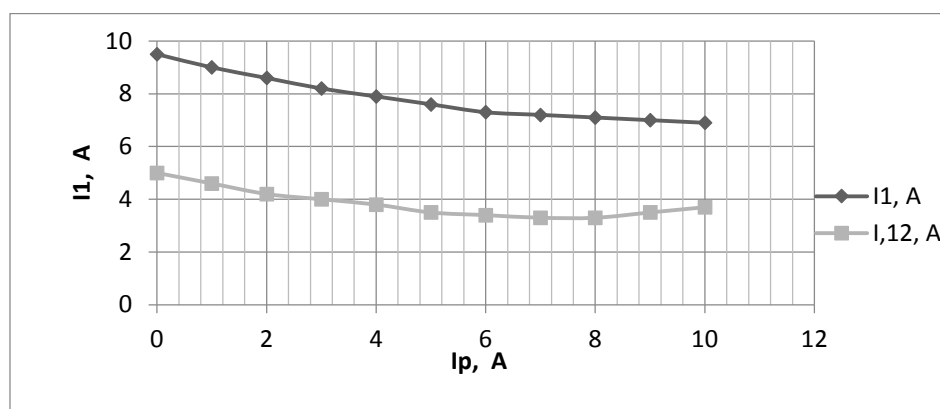


Рис. 5. Регулювальні характеристики зварювального трансформатора I_1 – при напрузі 100 В; I_{12} – при напрузі 85 В.

Перелік посилань

1. Патент 94540 України МПК H01F30/16. Трансформатор для зварювання / Брагіда М.В., Гаврилюк В.В., Брагіда Є.М.; заявник і

патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №а201005756; заявл. 12.05.10; опубл. 10.05.11. Бюл. № 9.

2. Патент 72397 України МПК H01F30/06. Трансформатор для зварювання / Васьковський Ю.М., Брагіда М.В., Чуєнко Р.М., Брагіда Є.М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №201014661; заявл. 06.12.10; опубл. 27.08.12. Бюл. № 16.

УДК 621.311.2:658.011.56

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Бровко К.Ю., кандидат технічних наук (brovkokonstantin@gmail.com),

Єгорова О.Ю., кандидат технічних наук, доцент, **Кунденко О.М.**

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків

На таких складних електроенергетичних об'єктах, як електричні станції, підстанції, мережі і системи виникає необхідність прийняття рішень в складних, позаштатних (нестандартних) ситуаціях і об'єктивного аналізу інформації, що надходить про стан параметрів технологічного процесу. Для вирішення даної проблеми, в роботі пропонується провести аналіз існуючих систем підтримки прийняття рішень і можливості впровадження їх в технологічний процес на об'єктах електроенергетичної галузі. Як відомо [1], системи підтримки прийняття рішень призначені для аналізу інформації, що надходить про стан параметрів технологічного процесу і вразі відхилення їх від норми, надання оператору можливих варіантів рішень. Виходячи з цього, виникає протиріччя між необхідністю багатокритеріальної оцінки інформації, що надходить, і складністю обробки досить великого об'єму даних про стан протікання технологічного процесу на електроенергетичному обладнанні енергооб'єктів.

Впроваджувальні системи підтримки прийняття рішень повинні вирішувати дві основні задачі: це вибір найкращого рішення із безлічі можливих, та впорядкування можливих рішень за перевагою. В їх основі лежать методи: інформаційного пошуку; інтелектуального аналізу даних; імітаційне моделювання; еволюційні обчислення і генетичні алгоритми; нейронні мережі; ситуаційний аналіз; когнітивне моделювання [2].

Але, всі вони, не дозволяють контролювати динаміку зміни характеристик параметрів технологічного процесу на електроенергетичному обладнанні енергооб'єктів в режимі реального часу.

Існуючі на сьогодні моделі обробки інформації, також, не дозволяють забезпечити такий розподіл інформації в системах підтримки

прийняття рішень, який дозволив би мінімізувати часові характеристики при отриманні необхідних вхідних даних про параметри технологічного процесу енергооб'єктів, для оперативного персоналу, і визначати достатній об'єм інформації для прийняття рішення в режимі реального часу. Слід зауважити, що сама інформація може генеруватися безсистемно і від різних джерел [3].

Для вирішення цієї проблеми в роботі авторами пропонується новий синергетичний підхід до розробки моделі прийняття рішень оперативним персоналом енергооб'єктів у позаштатних ситуаціях, при розгляді інформаційного простору кількісних і якісних характеристик технологічних параметрів з використанням кластерного аналізу на основі апарату теорії фракталів.

Перелік посилань

1. Терелянский П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография. Волгоград. ВолгГТУ. 2009. 127 с.
2. Буданов П.Ф., Бровко К.Ю. Синергетический подход к разработке модели принятия решения оперативным персоналом АЭС в нештатных ситуациях. Системы обробки інформації. Харків. Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2013. Вип. 1(108). С. 256–262.
3. Буданов П.Ф., Чернюк А.М., Бровко К.Ю., Солод К.А., Руденко Т.П. Моделирование нештатных аварийных ситуаций на энергооб'єктах на основе фрактально-кластерного підходу. Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. Харків. НТУ «ХПИ». 2015. №1 (132). С. 15–21.

УДК 621.318.57

ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

Бунько В.Я., кандидат технічних наук, доцент (VBunko@gmail.com)

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,

м. Бережани

В загальному випадку, на сьогоднішній день програмний захист будь-якої системи, в тому числі і захист системи електропостачання реалізується на мікроЕОМ або мікропроцесорних системах. За їх допомогою можна проводити багатосторонню обробку інформації по роботі, пускові та аварійні режими елементів. Мікропроцесорна система захисту можуть доповнюватися вихідними каналами для керування режимами. Мікропроцесорний захист ґрунтується на вимкненні не діючих, а миттєвих величин усіх симетричних складових струмів через певний проміжок часу (1/40 періоду) з одночасним аналізом динаміки зміни струму. При аналізі можуть використовуватися дані вимірювань напруги.

Висновок про необхідність вимкнення елемента, що захищається, виробляється на основі 3-5 послідовних вимірювань, що забезпечує набагато більшу швидкодію захисту, ніж у випадку використання інших систем реле.

Мікропроцесорна база дозволяє одночасно реалізувати захисти будь-якої складності, практично від усіх видів пошкоджень та особливих режимів, з урахуванням вимог до гнучкості захисних характеристик.

Одним із елементів релейного захисту та автоматики в системі електропостачання являються мікропроцесорні пристрої або реле, які дозволяють виконувати функцію захисту по струму, по напрузі, або ж одночасно.

Мікропроцесорні пристрої призначені для використання в схемах релейного захисту та автоматики електричних машин, трансформаторів і ліній електропередач. Пристрої виконують функції струмового захисту, автоматики, керування і телемеханіки приєднань 6-35 кВ, а також можуть бути використані для інших класів напруги. В основному мікропроцесорні пристрої призначені для встановлення на нових і модернізованих підстанціях промислових підприємств і розподільних мереж, а також для заміни застарілих пристроїв РЗА і телемеханіки.

Такі реле обладнані 16-ти розрядним буквенно-цифровим індикатором і кнопками керування для контролю вхідних параметрів та параметрів роботи пристроїв, а також зміною налаштування. Мікропроцесорні пристрої мають інтерфейс RS-485 (протокол MODBUS RTU), а також вхід USB для передачі даних, контролю параметрів і зміни налаштування та уставок реле [1].

Відповідно, це дасть можливість вести журнал аварій, журнал подій і проводити дослідження та аналіз за допомогою цифрового осцилографу.

Для нормальної роботи в системі РЗА та телемеханіки мікропроцесорні пристрої виконують функції захисту 4-х ступеневого 3-фазного максимально-струмового захисту (МСЗ) з незалежною або залежною витримкою часу. Слід зауважити, що для всіх ступенів МСЗ можливий вибір режиму з блокуванням від кидка намагнічувального струму (КНС), але при ввімкненому режимі «Блокування від КНС» ступінь буде спрацьовувати тільки в тому випадку, якщо виміряне значення другої гармонічної складової струму не перевищує 15% від першої [1]. Пристрої виконують також деякі із основних функцій захисту 2-х ступеневого максимального захисту від замикань на землю, від несиметричного навантаження та інші функції щодо захисту від ненормальних режимів роботи системи електропостачання.

Перелік посилань

1. www.rzasystems.com. Каталог «Устройства РЗА», 2015.

УДК 620.179:621.373.5

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ
В ЗОНІ КОНТАКТУ ЕЛЕКТРОДА ЗІ ЗВАРНИМ З'ЄДНАННЯМ
ПРИ ЙОГО ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІЙ ОБРОБЦІ**

Васюк В.В., кандидат технічних наук (vasyuk@nubip.edu.ua),

Жильцов А.В., доктор технічних наук, доцент (azhilt@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Конструктивними елементами розробленої електротехнічної системи для електродинамічної обробки зварних з'єднань є електромеханічний перетворювач індукційного типу ударної дії та джерело імпульсів струму, конструктивні, електричні й режимні характеристики яких забезпечують параметри струмових імпульсів, необхідні для ефективного регулювання залишкового напруженого стану зварних з'єднань.

Зазначена система здійснює електродинамічну обробку, яка полягає в одночасній дії на метал електродинамічної сили та струму. Величина розрядного струму і його тривалість визначаються електричними параметрами розрядного кола: активним опором, індуктивністю, ємністю та напругою на ній. Електродинамічна сила притискання електрода до поверхні металу визначається величиною розрядного струму, на значення якого впливають співвідношення конструктивних розмірів елементів розрядного кола – котушки індуктивності й масивного диска. Однією з найважливіших конструктивних характеристик електромеханічного перетворювача індукційного типу є геометричні та електрофізичні параметри електрода. Враховуючи те, що ефективність електродинамічної обробки визначається, у першу чергу, не самою величиною розрядного струму, а його густиною в зоні контакту електрода з основним матеріалом, постає необхідність дослідження цих процесів використовуючи розроблені математичні моделі [1] основі інтегро-диференціальних рівнянь.

Значення густини струму, за якої реалізується ефект електропластичної деформації, становить $\sim 10^9$ А/м², що зумовлює підвищення статичної та втомної міцності металевих матеріалів і релаксацію напружено-деформованого стану, зміну інших механічних характеристик [2]. На рис. 1, наведено розподіл густини модуля струму, як лінії рівної величини ($\times 10^9$ А/м²), в дослідному зразку в зоні контакту для моменту часу, що відповідає максимальному значенню струму в розрядному колі. Графік на рис. 1, відповідає контакту у вигляді кола, діаметром в 2 мм. Наведена залежність дає змогу визначити об'єм області з густиною струму, що перевищує значення $\sim 10^9$ А/м², за якого відбувається зниження залишкових напружень у зварному з'єднанні. На рис. 2. наведено графіки залежності об'єму області металу, де густина модуля струму перевищує значення $\sim 10^9$ А/м², від діаметра площі контакту електрода зі зварним з'єднанням та графіки миттєвого значення струму в

розрядному колі за різних значень початкової напруги на ємності (250, 500, 750 В).

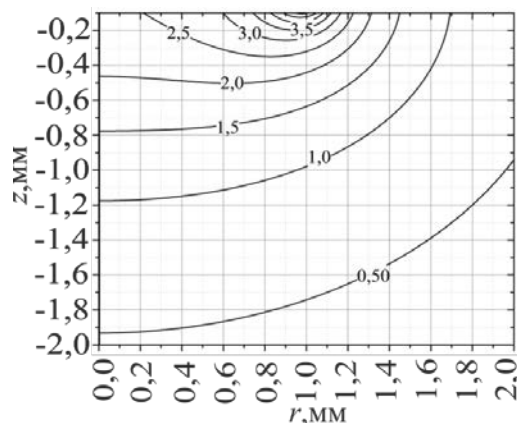


Рис. 1. Криві рівня густини струму $i=f(z,r)$ ($\times 10^9$ А/м²) у перерізі зварного з'єднання за діаметра площі контакту в 2 мм.

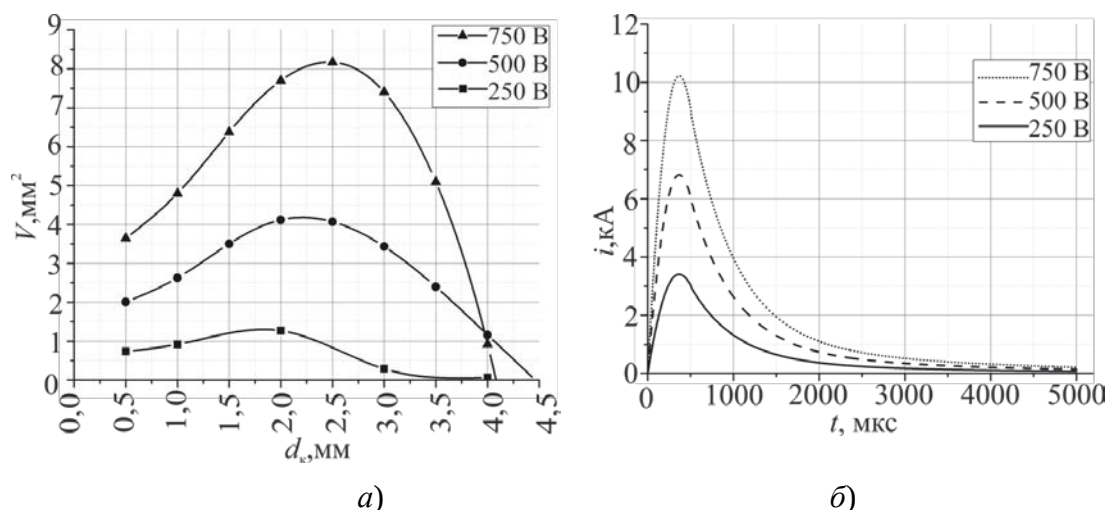


Рис. 2. Графіки залежності об'єму V області зварного шва, де густина модуля струму перевищує значення $\sim 10^9$ А/м², від діаметра d_k площі контакту електрода зі зварним з'єднанням (а) та графіки миттєвого значення струму в розрядному колі (б).

Таким чином, на основі математичного моделювання електрофізичних процесів в електромеханічному перетворювачі індукційного типу для електродинамічної обробки зварних з'єднань визначено, що за діаметра контакту $d_k = 2,25$ мм та початковій напрузі на ємності в 750 В об'єм області, в якій створюються умови для перетворення механічного стану зварних з'єднань, має максимальне значення.

Перелік посилань

1. Лобанов Л.М., Кондратенко І.П., Жильцов А.В., Карлов О.М., Пашин М.О., Васюк В.В., Ящук В.Я. Нестационарні електрофізичні процеси в системах зниження залишкових напружень зварних з'єднань. Технічна електродинаміка. 2016. № 6. С. 10–19.

2. Баранов Ю.В., Троицкий О.А., Авраамов Ю.С., Шляпин А.Д. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы. Москва. МГИУ. 2001. 844 с.

УДК 523.4

ОСОБЛИВОСТІ ВУЛКАНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА РІЗНИХ ТІЛАХ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Відьмаченко А.П., доктор фізико-математичних наук, професор
(vida@mao.kiev.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Кора багатьох космічних тіл перебуває в русі внаслідок зсуву тектонічних плит по магмі. Виливання розплавленої магми через тріщини в корі називають виверженням вулкану. Такі виверження створюють нові форми рельєфу, нові типи порід і ландшафтів, розрізняються хімічним складом, термічним станом тощо [5]. Тобто саме вулкани утворюють нові типи ресурсів на тілах Сонячної системи. Існує два основні типи вулканів: базальтові, що з'являються там, де утворюється новий матеріал тектонічних плит, і андезитові, розташовані в місцях руйнування цих плит. У місцях утворення нової кори з мантиї по тріщинах піднімається розплавлена порода і, розсовуючи плити, розтікається по поверхні. Андезитові вулкани вивергаються в місцях, де тектонічні плити занурюються одна під іншу і руйнуються. Виверження таких вулканів зазвичай супроводжуються вибухом. До третього типу вулканів відносять кріовулкани, або крижані вулкани. Цей тип вулкану викидає речовини у вигляді льодяно-вулканічних розплавів або пари з води, аміаку, метану тощо. Після виверження, кріомагма при низькій температурі конденсується до твердої фази. Потенційними джерелами енергії для плавлення льодів при утворенні кріовулканів є припливне тертя і/або радіоактивний розпад. Перший і другий тип вивержень (базальтові і андезитові) характерні для планет земного типу (Меркурія, Венери, Марса) і для деяких супутників планет Сонячної системи [2, 5]. Більшість проявів вулканізму на Меркурії пов'язано зі спокійним витіканням лави, що стався на ранній стадії геологічної історії 4,1-3,5 млрд. років тому. Але є і свідчення вибухового вулканізму з віком від 3,9 млрд. до менше 1 млрд. років тому [5]. Радіолокаційне картографування поверхні Венери з розділенням краще 300 м, дозволило виявити більше 1600 вулканів, яких може там бути понад 100000 [5]. А мала кількість ударних кратерів (<1000) говорить про те, що поверхня Венери молода з віком до 500 млн. років. Наймолодші потоки лави на найвищій горі Сонячної системи Олімп на Марсі мають вік від 20 до 200 млн. років. На карликових планетах Церера,

Плутон, на супутниках Харон, Європа, Титан, Енцелад, Тритон виявлено кріовулканічні утворення [2, 3, 4, 6, 7]. Традиційно вважали, що вулкани Місяця [1] охолонули між 1 і 1,5 млрд. років тому. Але недавні зображення з апарату «Lunar Reconnaissance Orbiter» показали області, в яких виверження вулканів відбувалися в останні 30 млн. років.

А отже, ці ресурси у майбутньому також будуть використані людством.

Перелік посилань

1. Vid'Machenko A.P., Morozhenko A.V. (2004). Mapping of physical characteristics of the Moon's superficial layer and ultra-violet polarimetry from a lunar orbital station // *Kosmichna Nauka i Tekhnologiya*, vol. 10, no. 5/6, P. 21-27.

2. Vidmachenko A. P., Morozhenko O.V. (2012). The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets, Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine Press, Kyiv, Ltd. Dia. 2012. 255 p.

3. Vidmachenko A.P. (2016). Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies. *Astronomical School Report*. 12(2), 14–26.

4. Vidmachenko A.P. (2017). Features of the structure of Ceres surface. *Astronomical School Report*. 13(1), 27–37.

5. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2014). The physical characteristics of surface Earth-like planets, dwarf and small (asteroids) planets, and their companions, according to distance studies. MAO NAS of Ukraine, NULES of Ukraine. K., Publishing House “Profi”. 388 p.

6. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2017). Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. Kyiv: Editorial and publishing department of NUBiP of Ukraine. 2017. 412 p.

7. Vidmachenko A.P. (2015). Dwarf planets (to the 10th anniversary of the introduction of the new class of planets). *Astronomical almanakh*. 62, 228–249.

УДК 621.3

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

Волошин С.М., кандидат технічних наук, доцент
(voloshyn@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Висока енерговитратність діючих підприємств значною мірою визначається використанням застарілого виробничого фонду, зношеного устаткування, недосконалістю технологій та іншими об'єктивними причинами. З іншого боку, ситуацію ускладнюють і суб'єктивні чинники, а

саме безгосподарність, відсутність єдиної системи обліку і контролю, невикористання енергозберігаючої техніки, і головне – недосконалість управлінських механізмів, на усунення яких потрібні порівняно незначні витрати [1].

Основним інструментом скорочення витрат енергії є розробка систем моніторингу та управління енергоспоживанням. Дані системи є складовими системи енергетичного менеджменту – системи управління, що ґрунтується на проведенні типових вимірювань і перевірок, для забезпечення ефективного використання енергоресурсів [2].

Надавши енергоменеджеру можливість контролювати роботу мереж енергопостачання, отримуємо ефективний спосіб оптимізації, а в певних випадках і істотного зниження витрат на енергоносії.

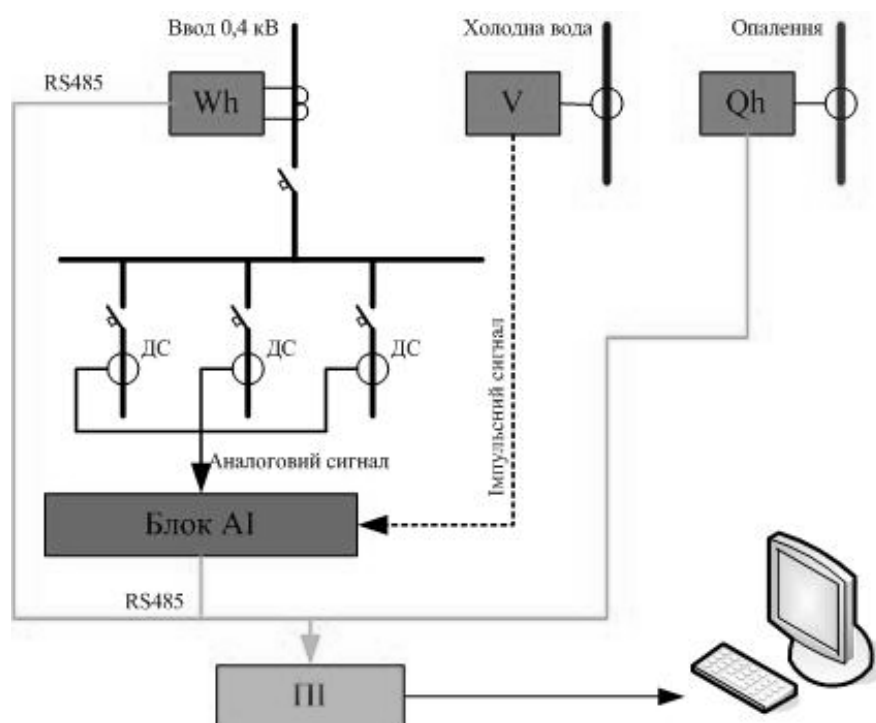


Рис. 1. Структурна схема системи контролю і управління енергоспоживанням:

ПІ – блок перетворювача інтерфейсів з RS485 в RS232; Блок АІ – блок обробки сигналів аналогових і імпульсних датчиків; Wh – лічильник електричної енергії; Qh – лічильник теплової енергії; ДС – датчик струму з аналоговим виходом; V – вузол обліку холодної води з імпульсним виходом.

Запропонована для впровадження в Національному університеті біоресурсів і природокористування України система контролю і управління енергоспоживанням є апаратно-програмним комплексом для автоматизованого обліку й контролю споживаних енергоресурсів. В системі забезпечується підтримка семи видів вимірюваних характеристик (електроенергія, тепла енергія, температура, струм, витрата холодної і гарячої води та витрата природного газу). Система дозволяє збирати інформацію з лічильників або датчиків у ручному або

автоматичному режимі і відображати отриману інформацію в табличній і графічній формі. Спрощена структурна схема системи наведена на рис. 1.

Представлена система надає службі енергоменеджменту можливості для ефективного моніторингу і управління системами енергопостачання, що, в свою чергу, скорочує витрати підприємства на енергоносії.

Перелік посилань

1. Havrysh Valery. *Perspektivi zabezpechennya agrarnogo sektora yekonomiki Ukraini ponovlyuvanimi yenergetichnimi resursami*. Valery Havrysh. MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. Lublin. 2011. Tom. 13 A. P. 107–117.

2. Гельман Г.А. Руководство по устройству электроустановок. Технические решения Schneider Electric. Москва. ЗАО "Шнейдер Электрик". 2015. 395 с.

УДК 536.24

ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЕРТИКАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ОРЕБРЕННЯ ПРИ ВІЛЬНІЙ КОНВЕКЦІЇ

Горобець В.Г., доктор технічних наук, доцент (gorobetsv@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Вертикальні поверхні з різними типами оребрень в умовах природної конвекції знайшли широке застосування в різних областях при розробці теплообмінного обладнання. Такі поверхні використовуються для охолодження електронного та комп'ютерного обладнання, в опалювальних приладах, в теплообмінниках для охолодження трансформаторів, тощо. При цьому важливим фактором є розміри та маса таких пристроїв, яка в великій мірі залежить від типу та геометрії оребрень, що в ньому використовується. Найбільш поширеним і дослідженим являється плоскопаралельне неперервне оребрень [1]. Разом з тим такий тип оребрень має погіршені характеристики тепловіддачі для поверхонь з великими вертикальними розмірами внаслідок прогріву охолоджуючого теплоносія у верхній частині оребрень. З метою підвищення теплової ефективності теплообмінних поверхонь було запропоновано дискретне оребрень, геометрія якого передбачає використання ребер невеликих розмірів, розташованих в шаховому порядку [2, 3].

Метою проведених досліджень було проведення порівняльного аналізу тепловіддачі вертикальних поверхонь з оребрень різного типу за умов вільної конвекції. В роботі проведено порівняння теплової ефективності поверхонь з різними типами оребрень – неперервного плоскопаралельного оребрень, дискретного оребрень з шаховим розташуванням, похилого дискретного оребрень типу «ялинка».

Показано, що дискретизація оребрення при шаховому його розташуванні дозволяє підвищити теплову ефективність поверхні в 1,3-2,5 рази. Дискретне оребрення типу «ялинка» має переваги порівняно з шаховим дискретним оребренням для поверхонь з великими вертикальними розмірами. Величина відведеного теплового потоку для таких поверхонь в 1,6-1,8 раз зростає порівняно з плоскопаралельним оребренням.

Перелік посилань

1. Трепутнев В.В., Горобец В.Г. Экспериментальное исследование теплоотдачи вертикальных поверхностей с непрерывным оребрением при естественной конвекции. Пром. теплотехника. 1998. №6. С.19–24.
2. Спэрроу, Пракаш. Интенсификация теплоотдачи свободной конвекцией от вертикальных дискретных пластин. Теплопередача. 1980. №2. С. 34–41.
3. Gorobets V.G. Heat transfer in a non-isothermal extended surface. Київ. ЦП «Компринт». 2014. 377 с.

УДК 621.6-5

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКА ВІД ВОЛОГОСТІ
ПАЛИВА ТА НЕОБХІДНОЇ ВИХІДНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ
ЗЕРНОСУШАРКИ**

Дудар О.П. (oksana-dydar@ukr.net)

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж»

м. Бережани

З метою встановлення необхідних затрат тепла сушарки Q КДж/год, що відповідно визначає необхідну температуру теплоносія на виході теплогенератора синтезована підсистема керування процесом сушки *SAU_Heating_grain*, параметрами якої є початковий вологовміст та температура зерна, вологість та температура вхідного повітря, температура сушильного агента, продуктивність зерносушарки та вологовміст вихідного зерна.

Для діапазону вихідної температури 90–120 °С і вологості палива 7–50 % залежність $Q'_{\text{шн}} = f(w_{\text{пал}}, t_{\text{вих}})$ у відносних одиницях від $Q_{\text{шн, max}}$ з достовірністю апроксимації більше 0,98 можна представити наступними рівняннями:

для $t_{\text{вих}}=120^{\circ}\text{C}$	$Q'_{\text{шн}} = 0,0001 \cdot w_{\text{пал}}^2 - 0,0019 \cdot w_{\text{пал}} + 0,675;$
для $t_{\text{вих}}=110^{\circ}\text{C}$	$Q'_{\text{шн}} = 0,00005 \cdot w_{\text{пал}}^2 - 0,0017 \cdot w_{\text{пал}} + 0,5813;$
для $t_{\text{вих}}=100^{\circ}\text{C}$	$Q'_{\text{шн}} = 0,0004 \cdot w_{\text{пал}}^2 - 0,0016 \cdot w_{\text{пал}} + 0,52;$
для $t_{\text{вих}}=90^{\circ}\text{C}$	$Q'_{\text{шн}} = 0,0004 \cdot w_{\text{пал}}^2 - 0,0012 \cdot w_{\text{пал}} + 0,4963.$

Для подальшої корекції продуктивності шнека із врахуванням впливу температури повітря навколишнього середовища $Q''_{\text{шн}} = f(t_{\text{пов}}, Q'_{\text{шн}})$

використано функціональну залежність, що встановлена експериментальним шляхом [1]:

$$Q''(t) = -0,0057 \cdot t + 0,7507 \quad (1)$$

де Q'' – продуктивність шнека, в.о., t – температура навколишнього середовища, 0С.

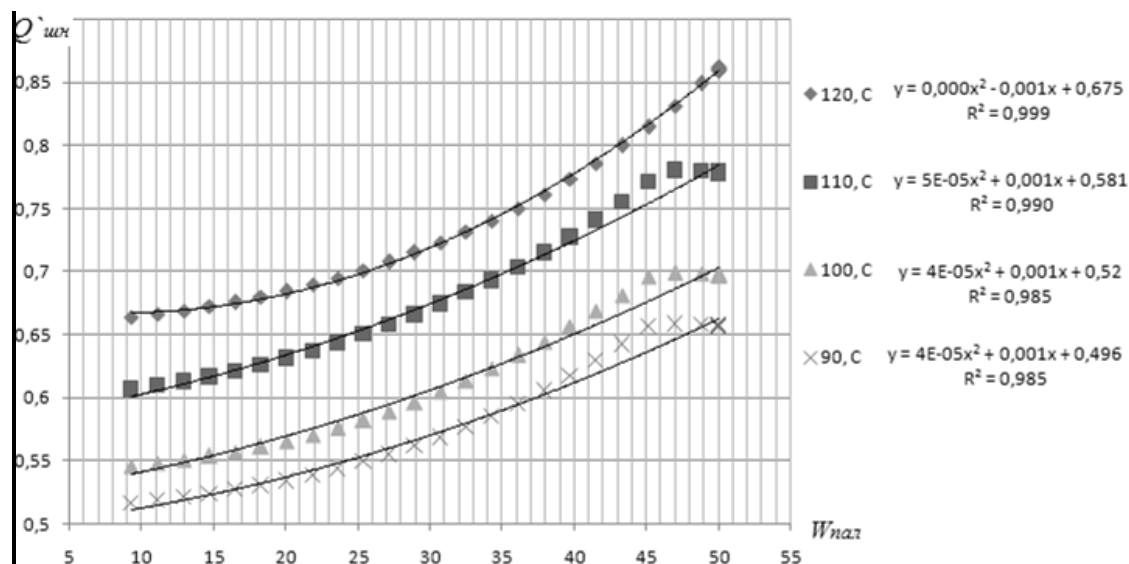


Рис. 1. Залежність продуктивності шнека від вологості палива та необхідної вихідної температури теплоносія.

Корекцію продуктивності вентилятора потрібно здійснювати в залежності від продуктивності шнека із врахуванням коефіцієнта надлишку повітря λ та відносної вологості повітря. Надлишок повітря λ можна визначити з достатньою для практичних цілей точністю, знаючи вміст кисню O_2 в димових газах із рівняння [2]:

$$\lambda \approx \frac{21}{21 - O_2} \quad (2)$$

Похибка розрахунків для твердого палива не перевищує 1 %.

Оскільки, потужність теплогенератора є максимальною при коефіцієнті надлишку повітря 1,2–1,4, тому продуктивність вентилятора повинна регулюватись, виходячи із цих меж. Таким чином, модуль керування дозуванням компонентів горіння, що входить до складу системи керування дозволяє визначити необхідні швидкісні режими подачі палива і повітря, що забезпечить енергоефективність теплогенератора.

Система базується на використанні модулів оцінки температури зерна в процесі сушіння *Subsystem Fo/Bi* та модуля оцінки вологості зерна під час сушіння *Diagram_j_d*.

Для визначення часу необхідного для нагрівання зерна до заданої температури використовується наступна залежність [3]:

$$\bar{\Theta} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4Bi}{\mu_n^2 [\mu_n^2 + Bi^2]} \cdot e^{-\mu_n^2 Fo}, \quad (3)$$

де $Bi = \frac{\alpha r}{\lambda}$ число Біо – відношення внутрішнього термічного опору до зовнішнього, α – коефіцієнт тепловіддачі ($Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$), λ – коефіцієнт теплопровідності зерна ($Bm/(m \cdot ^\circ C)$), r – радіус зернини; $Fo = \frac{a\tau}{r^2}$ число Фур'є – безрозмірний час, a – коефіцієнт температуропровідності (m^2/c), τ – час (с).

Перелік посилань

1. Ладика В.І. Біоенергетичний потенціал лісостепової і поліської зон України та перспективи його використання : монографія. Суми. Університетська книга. 2009. 304 с.
2. Димитров О.Д., Климчук О.А. Теорія горіння органічного палива. Одеса. Наука і техніка. 2006. 140 с.
3. Тастанбеков С.Т., Адилбеков М.А., Медведков Е.Б. Нестационарный теплообмен при сушке зерна. Известия вузов, пищевая технология. 2007. №6. С. 69–73.

UDK 621.3

IMPROVING THE MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE MAGNETIC FIELD CHARACTERISTICS IN AN ELECTRIC MOTOR WITH A SMOOTH STATOR

Zhylytsov A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
(azhilt@gmail.com), **Lyktej V., Vasylenko M.**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Many electrical devices (electric machines and apparatus, elements of automation and computer technology) contain ferromagnetic elements. Nominal modes of operation of such devices are realized, as a rule, at values of magnetic induction, which do not lead to a significant saturation of soft magnetic material.

At the same time, in some areas, for example, angular zones, thin ferromagnetic jumpers, magnetic induction can exceed the permissible values, which requires taking into account nonlinear dependence $B(H)$ when calculating the magnetic field in such devices.

An electric motor with an implicit pole stator and an explicit pole rotor is considered (Fig. 1). The stator and rotor of the electric motor are laminated and made of soft magnetic material. The stator is a ferromagnetic tube along which the channels for the location of the winding are made. The cylindrical rotor is

located in the middle of the stator. Homogeneous permanent magnets are glued to the rotor surface.

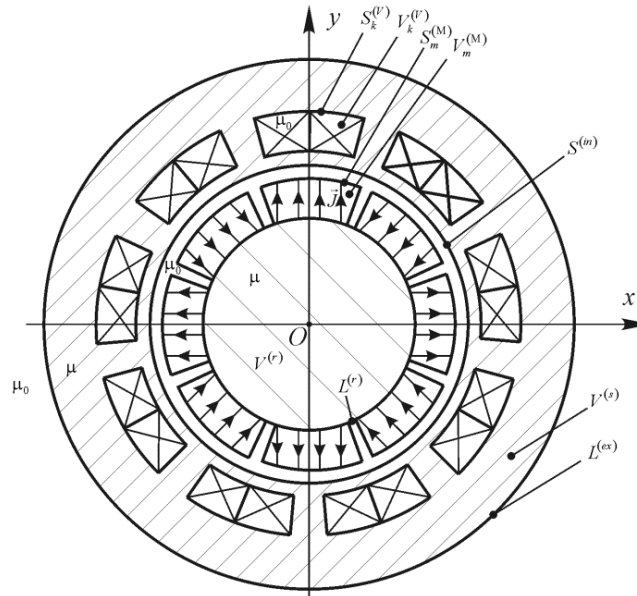


Fig. 1. The section of the electric motor with closed grooves.

To simplify the calculation, the magnetic field of the electric motor is taken plane-parallel, that is, we assume that the stator and the rotor are quite long compared to their cross-section. In the formulation of the problem, we neglect the hysteresis of ferromagnetic materials and assume that $B = B(H)$, where B, H is the induction and intensity of the magnetic field. If we introduce the magnetic permeability of the material μ , then:

$$\vec{B} = \mu(H) \cdot \vec{H}. \quad (1)$$

Previously, in work [1], we formulated a three-dimensional boundary value problem for calculating the characteristics of a magnetic field in an electric motor, taking into account the heterogeneity of the magnetic properties of the material. In the paper [2], on the basis of the method of secondary sources, the boundary value problem of calculating the characteristics of a magnetic field in an electric motor, taking into account the nonlinearity of the magnetic characteristic of steel, was reduced to a system of integral equations for fictitious magnetic charges, that made it possible to narrow the search field of unknown ones. In the kernel of integral equations, which was obtained in [2], there are components containing a function $grad_Q \mu(Q)$ that complicates the numerical solution of these equations. Therefore, there was a need to improve the mathematical model for calculating the characteristics of a magnetic field in an electric motor with closed grooves taking into account the nonlinearity of the magnetic characteristic of steel by modifying the kernel of integral equations in the direction of converting these components to simpler ones.

The calculation of the magnetic field characteristics in the electric motor, taking into account the nonlinear characteristics of the magnetic materials $B=B(H)$, is reduced to a system of integral equations for calculating the density of a simple layer of magnetic charges σ on the boundary L of ferromagnetic bodies and the density of space magnetic charges in the cross section S of ferromagnetic bodies [2]:

$$\sigma(Q) - \frac{1}{\pi_L} \iint_L \sigma(M) K_1(M, Q) dL_M = \frac{1}{\pi_S} \int_S \rho(M) K_2(M, Q) dS_M + F^\sigma(Q) \quad (2)$$

$$\rho(Q) + \frac{1}{2\pi_S} \int_S \rho(M) K_3(M, Q) dS_M = -\frac{1}{2\pi_L} \iint_L \sigma(M) K_4(M, Q) dL_M - F^\rho(Q), \quad (3)$$

where $\sigma(Q)$ – the density of a magnetic charges simple layer at the point Q of the boundary L ; $\rho(Q)$ – the density of space magnetic charges at the point Q of the cross section S ; $\lambda(Q) = (\mu(Q) - \mu_0) / (\mu(Q) + \mu_0)$; $\vec{r}_{MQ}$ – the radius vector, directed from the point of integration M to the observation point Q ; $\vec{n}_Q$ – normal to the interface of the medium (ferromagnetic body – air) and directed from the ferromagnetic to the air;

$$\begin{aligned} K_1(M, Q) &= \lambda(Q) \frac{\vec{r}_{MQ} \vec{n}_Q}{r_{MQ}^2} - \frac{1}{L_L} \int_L \lambda(P) \frac{\vec{r}_{MP} \vec{n}_P}{r_{MP}^2} dL_P, \\ K_2(M, Q) &= \lambda(Q) \frac{\vec{r}_{MQ} \vec{n}_Q}{r_{MQ}^2} - \frac{1}{L_L} \int_L \lambda(P) \frac{\vec{r}_{MP} \vec{n}_P}{r_{MP}^2} dL_P - \frac{\pi}{L}, \\ F^\sigma(Q) &= 2\mu_0 \left[\lambda(Q) \vec{H}^{(B)}(Q) \vec{n}_Q - \frac{1}{L_L} \int_L \lambda(P) \vec{H}^{(B)}(P) \vec{n}_P dL_P \right], \\ K_3(M, Q) &= \frac{\vec{r}_{MQ} \text{grad}_Q \mu(Q)}{\mu(Q) r_{MQ}^2} - \frac{1}{S_S} \int_S \frac{\vec{r}_{MP} \text{grad}_P \mu(P)}{\mu(P) r_{MP}^2} dS_P, \\ K_4(M, Q) &= \frac{\vec{r}_{MQ} \text{grad}_Q \mu(Q)}{\mu(Q) r_{MQ}^2} - \frac{1}{S_S} \int_S \frac{\vec{r}_{MP} \text{grad}_P \mu(P)}{\mu(P) r_{MP}^2} dS_P + \frac{2\pi}{S}, \\ F^\rho(Q) &= \mu_0 \left[\frac{\vec{H}^{(B)}(Q) \text{grad}_Q \mu(Q)}{\mu(Q)} - \frac{1}{S_S} \int_S \frac{\vec{H}^{(B)}(P) \text{grad}_P \mu(P)}{\mu(P)} dS_P \right]; \end{aligned}$$

$\vec{H}^{(B)}(Q)$ – magnetic field strength, creating permanent magnets and currents in the stator winding of the electric motor,

$$\vec{H}^{(B)}(Q) = \frac{1}{2\pi_{L_M}} \iint_{L_M} \sigma_M(M) \frac{\vec{r}_{MQ}}{r_{MQ}^2} dL_M + \frac{1}{2\pi_{S_w}} \int_{S_w} \frac{\vec{\delta}_w(M) \times \vec{r}_{MQ}}{r_{MQ}^2} dS_M, \quad (4)$$

here $\sigma_M(M)$ – the density of a simple layer of magnetic charges introduced on the boundary of homogeneously magnetized permanent magnets with

magnetization $\vec{J}(Q)$, $\sigma_M(M)=\vec{J}(Q)\vec{n}_Q$, $\vec{n}_Q$ – outer normal to the boundary of magnets; $grad_Q\mu(Q)$ – gradient of magnetic permeability, $\mu(Q)=B(H(Q))/H(Q)$ – magnetic permeability, calculated using dependence $B=B(H)$; μ_0 – permeability of vacuum, $\mu_0=4\pi\cdot 10^{-7}$ GN/m.

If the system of equations (2), (3) is solved, the magnetic field strength is evaluated by expression

$$\vec{H}(Q)=\frac{1}{2\pi\mu_0}\oint_L\sigma(M)\frac{\vec{r}_{MQ}}{r_{MQ}^2}dL_M+\frac{1}{2\pi\mu_0}\int_S\rho(M)\frac{\vec{r}_{MQ}}{r_{MQ}^2}dS_M+\vec{H}^{(B)}(Q). \quad (5)$$

Thus, in the work we have transformed the kernels $K_3(M,Q)$ and $K_4(M,Q)$ to the following form:

$$K_3(M,Q)=\frac{\vec{r}_{MQ}grad_Q\mu(Q)}{\mu(Q)r_{MQ}^2}-\frac{1}{S_L}\int_L\ln\frac{\mu(P)}{\mu_0}\frac{\vec{r}_{MP}\vec{n}_P}{r_{MP}^2}dL_P+\frac{2\pi}{S}\ln\frac{\mu(M)}{\mu_0}, \quad (6)$$

$$K_4(M,Q)=\frac{\vec{r}_{MQ}grad_Q\mu(Q)}{\mu(Q)r_{MQ}^2}-\frac{1}{S_L}\int_L\ln\frac{\mu(P)}{\mu_0}\frac{\vec{r}_{MP}\vec{n}_P}{r_{MP}^2}dL_P+\frac{\pi}{S}\ln\frac{\mu(M)}{\mu_0}+\frac{2\pi}{S}. \quad (7)$$

The mathematical model for calculating the components of a magnetic field in an electric motor with closed grooves taking into account the nonlinear properties of ferromagnetic materials is improved by simplifying the kernel form of integral equations by reducing the number of components containing $grad_Q\mu(Q)$, which makes it possible to simplify further numerical solution of these equations.

References

1. Zhylytsov A.V., Liktey V.V. The boundary value problem for a three-dimensional magnetic field with allowance for a nonlinear magnetic medium. Problems of energy saving in electrical engineering systems. Science, education and practice. Scientific publication. Kremenchuk: KrnU. Vol. 1/2014 (2). P. 124–126.
2. Zhylytsov A.V., Liktey V.V. Calculation of the magnetic field in a valve electric motor with closed grooves based on nonlinear magnetic characteristics. Electromechanical and energy saving systems. Quarterly Scientific and Production Magazine. Kremenchuk: KrnU. 2014. Vol. 4. P. 59–70.

BACKWARD LAMB WAVES IN CDS CRYSTAL PLATE

Il'in P.P., Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Associate
Professor (p_ilyin@ukr.net)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Backward elastic waves have oppositely directed phase and group velocity. Recently, a lot of attention has been given to elastic waves those have zero group velocity and the finite phase velocity [1, 2]. Such wave is intermediate between the backward wave and forward wave (in which direction of the phase and group velocities coincide). A necessary and sufficient condition for the existence of waves with zero group velocity is the existence of backward waves. In piezoelectric semiconductors backward waves have not yet been observed.

The aim of the research was to study the existence of backward Lamb waves and the frequency dependence of their phase velocity on the plates of a piezoelectric semiconductor cadmium sulphide CdS.

The CdS plate had a thickness of $2h = 0,66$ mm. Under wave propagation along axis of sixth order the symmetrical Lamb mode of first order s_1 was investigated. The one length of shear wave fit the plate thickness at cutoff frequency of this mode. For mode s_1 the frequency dependence of phase velocity of backward wave, and also of forward wave were measured.

To excite the direct Lamb waves the high-frequency voltage was applied to the metal electrodes deposited symmetrically on the opposite surfaces of the plate. A piezoelectric ceramic transducer with a resonant frequency of 2.75 MHz was used to excite the backward wave. Under alternating voltage, the shear oscillations arose in the transducer. The studies were carried out using pulse of waves in the frequency range $2,64 \div 2,80$ MHz with the duration of the radio pulses $\sim 3 \cdot 10^{-4}$ sec. The cutoff frequency was $f_c = 2.68$ MHz.

The phase velocity of a wave is $v = f\lambda$. Then for determination v it is necessary to measure the frequency f and wavelength λ . Wave propagation in piezoelectric materials was accompanied by a high-frequency electric field. Thus the registration of the waves was carried out with movable electrode that could move along the plate with a micrometer screw.

For the measurements of phase velocity the phase method of variable base was used. It is based on the fact that the change in the distance between the source of waves and the receiver per wavelength causes the change of the phase of the oscillation of the receiver to 2π . The increasing of the distance resulted in decreasing of phase difference between high-frequency voltage on wave source and wave receiver in case of backward wave, and resulted in increasing of phase difference in case of forward wave.

The measurement results of the dependence of the phase velocity on frequency of backward and forward waves of symmetrical Lamb mode s_1 are presented. The value of phase velocity of the backward wave in the investigated frequency range varied within range $15 \cdot 10^3 \div 29 \cdot 10^3$ m/sec due to the wave dispersion.

The existence of backward elastic waves in a CdS crystal plate has been experimentally confirmed. From this follows the existence of waves with zero group velocity in such plates. Since CdS is a piezoelectric semiconductor, it makes possible interaction of these waves with electric charge carriers and to use this interaction in acoustoelectronic devices.

References

1. Yantchev, V., Arapan, L., Katardjiev, I., Plessky V. (2011). Thin-film zero-group-velocity Lamb wave resonator. Appl. Phys. Lett. 99 (3), 033505.
2. Grünsteidl, C., Murray, T. W., Berera, T., Veres, I. A. (2016). Inverse characterization of plates using zero group velocity Lamb modes. Ultrasonics, 65 (2), 1–4. doi: 10.1016/j.ultras.2015.10.015.

УДК 631.589

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ КАРКАСНОЇ ТЕПЛИЦІ

Кашкарьов А.О., кандидат технічних наук, доцент
(anton.kashkarov@tsatu.edu.ua)

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

Пошук інформативних показників, які забезпечують спостережність об'єкту керування в умовах розподіленості параметрів – актуальне питання. Особливої актуальності питання набуває в умовах каркасних теплиць малих підприємств та домогосподарств. Малі об'єми виробництва, кваліфікаційний рівень на місцях, культура праці та вагомий вплив людського фактору створюють несприятливі умови для впровадження сучасних вимірювальних електротехнічних комплексів (ВЕК). На практиці, зазначені підприємства здебільшого використовують побутові термометри та побутові метеостанції.

Відомі ВЕК реалізуються в умовах тепличних комбінатів [1] або у малих підприємствах за індивідуальними рішеннями, які «прив'язані до розробника» або мають іміджевий характер [3, 4]. В умовах тепличних комбінатів використовують інформаційні технології та сучасні засоби збору і передачі інформації [1, 2]. Поліпшення стану питання та поетапне впровадження функцій моніторингу і керування можливо за рахунок розробки ВЕК з мінімізацією кількості датчиків. Для реалізації такого підходу пропонується використовувати каркас теплиці в якості чутливого елементу.

Мета дослідження полягає в підвищенні інформативності БЕК за умови збільшення кількості параметрів моніторингу при обмеженій кількості фактично вимірюваних фізичних величин. Досягнення поставленої мети здійснюється через розв'язання таких завдань: дослідження параметрів каркасу теплиці при зміні параметрів температури зовнішнього та внутрішнього середовища; вибір технічних засобів БЕК для моніторингу параметрів мікроклімату каркасної теплиці; формалізація бази правил системи підтримки прийняття рішень.

В умовах малих підприємств найбільш поширений матеріал каркасу теплиць – сталь різних марок та профілю ($\alpha \approx 6 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/}^\circ\text{C}$). Активний опір враховує питомий опір матеріалу каркасу при заданих умовах (Ом/м), довжину ділянки визначення опору (м), площу поперечного перетину матеріалу (м^2). Площа поперечного перетину матеріалу визначається на практиці або виходячі із геометричних параметрів матеріалу каркасу.

Розроблений лабораторний стенд, для дослідження роботи БЕК, дозволив дослідити чутливість «каркасу» до зміни температури оточуючого середовища. Макет каркасу теплиці представляє собою сітку опорів (опір сегментів дуги $0,075 \text{ Ом}$, опір з'єднувальних ребер $0,15 \text{ Ом}$). Розрахунковий опір відповідних ділянок при температурі 16°C складає $R=0,3 \text{ Ом}$. Фактично значення опору ділянки склало $0,7 \text{ Ом}$. При нагріві та охолодженні моделі каркасу у діапазоні температур від 13°C до 16°C відповідно за час $t=30\text{хв}$, коливання значення опору мають випадковий характер і не містять грубих помилок, що обумовлено параметрами АЦП (1кОм , розрядність 24bit).

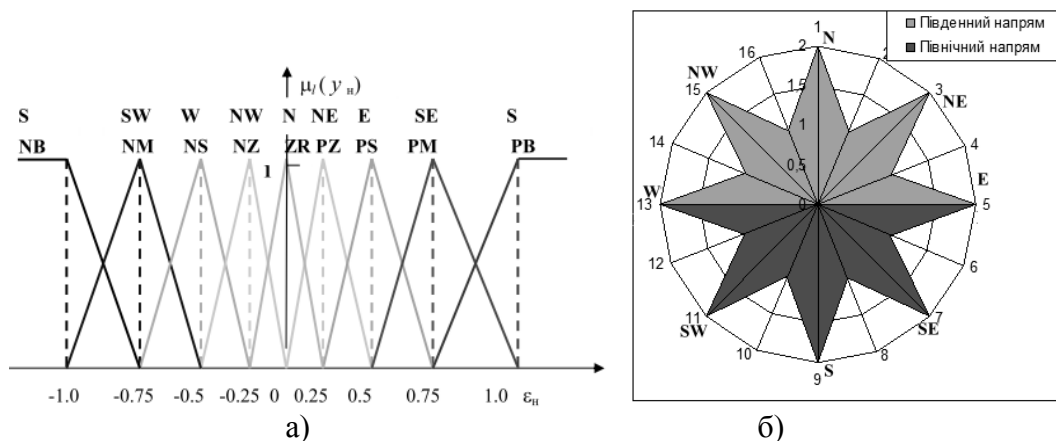


Рис. 1. Терм-множин бази правил визначення напрямку вітру.

При наповненні бази правил системи прийняття рішень, з урахуванням значень зовнішньої температури та температури у теплиці, забезпечується можливість визначення напрямку вітрового потоку. З цією метою використовуємо нормоване значення x_n за методом нормування вхідних сигналів для фазі-множин. Для заданих умов у теплиці використовуємо п'ять фазі-множин, які характеризуються функціями $\mu_i(x)$:

$\mu_n(x)$ – «прохолодно», $\mu_t(x)$ – «тепло» і т.д. Акцентуємо увагу на системі із дев'яти функцій приналежності (рис. 1,а), яка охоплює наступні універсальні лінгвістичні значення: *negative big* (NB), *negative medium* (NM), *negative small* (NS), *negative zero* (NZ), *zero* (ZR), *positive zero* (PZ), *positive small* (PS), *positive medium* (PM), *positive big* (PB). Такий підхід відповідає формуванню рози вітрів (рис. 1,б).

Висновки і перспективи. 1. При використанні опору каркасу, як інформаційного показника, необхідно враховувати величини перехідних опорів з'єднань. 2. Вагомий вплив перехідного опору з'єднань каркасу призводить до необхідності використання адаптивних або нечітких систем підтримки прийняття рішень. 3. Результати досліджень можуть бути використані на міжнародному рівні серед виробників, які використовують каркасні теплиці в овочівництві закритого ґрунту: Туреччина, Іспанія, Ізраїль, Марокко та ін.

Перелік посилань

1. Решетюк В.М., Лендел Т.І., Куляк Б.В. Вимірювальний електротехнічний комплекс для моніторингу параметрів біометричного стану рослини та мікроклімату в теплиці. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2016. Вип. 176. С. 51–53.

2. Jawad H.M., Nordin R., Gharghan S.K., Jawad A.M., Ismail M. Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture. Review. Sensors 2017, 17, 1781. doi: 10.3390/s17081781.

3. Martinovic G., Simon J. Greenhouse microclimatic environment controlled by a mobile measuring station. Njas-wageningen journal of life sciences. DEC 6 2014. - Vol: 70-71. P. 61–70. doi: 10.1016/j.njas.2014.05.007

4. Robles Algarín C., Callejas Cabarcas J., Polo Llanos A. Low-Cost Fuzzy Logic Control for Greenhouse Environments with Web Monitoring. Electronics. 2017. doi: 10.3390/electronics6040071, wos:000419206400002.

УДК 620.92

АНАЛІЗ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ВІТРОВОЇ ТА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Лисенко О.В., кандидат технічних наук, доцент
(anton.kashkarov@tsatu.edu.ua)

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

Оптимізація роботи енергетичної системи при збільшенні об'єму генерації ВДЕ є однією з пріоритетних задач. Та для нівелювання вірогідного характеру генерації ВДЕ потрібно: створення системи прогнозування генерації електроенергії; впровадження використання акумуляторів для балансування енергетичної системи. Вивчення

особливостей вітрового та сонячного потенціалу та як наслідок їх енергетичних показників окремих регіонів України майже не проводилося.

При проведенні статистичного аналізу сумарної потужності вітро- та фотоелектричних станцій в умовах регіону будемо вважати ці дані суміщеними в часі та просторі.

Автором була опублікована серія робіт [1, 2], в яких був проведений статистичний аналіз окремо вітрового потоку та сонячної інсоляції.

Для зручності розрахунків щодо сумарної дії вітрової та сонячної енергії можна значення швидкості вітру та сонячної радіації нормувати за допомогою відповідних величин номінальної потужності вітроелектричних установок (ВЕУ) та фотомодулів (ФМ). Тоді показником вітрової енергії можна вважати величину

$$k_w = P(v)/P_n, \quad (1)$$

де $P(v)$ – поточна потужність ВЕУ в залежності від швидкості вітру v ; P_n – номінальна потужність ВЕУ.

Аналогічно задається показник для сонячної енергії

$$k_s = P(\rho)/P_n \quad (2)$$

де $P(\rho)$ – поточна потужність ФМ $P(\rho)$ в залежності від ρ – рівня сонячної радіації.

При такому підході суттєвими є енергетичні характеристики ВЕУ та ФМ. Для сумарної потужності ВЕС та СЕС можна використовувати приведений показник відносної потужності:

$$k_\Sigma = \alpha_1 \cdot k_w + \alpha_2 \cdot k_s,$$

де α_i – вагові коефіцієнти, пропорційні номінальним потужностям відповідних станцій.

Для коректності порівняння різних конфігурацій системи «вітер-сонце» доцільно прийняти $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$. Для переходу від відносної потужності до абсолютної можна помножити її на сумарну номінальну.

Математична модель роботи системи «вітер-сонце-споживач» передбачає представлення поточної потужності вітрових та сонячних установок у вигляді випадкових процесів. Особливістю моделювання є врахування таких параметрів, як максимальні, середні та мінімальні досяжні значення потужності, характер розподілу випадкових значень, тобто імовірність певних режимів, а також імовірні темп та амплітуда коливань поточних значень в режимі реального часу.

Розглянуті характеристики поведінки потужностей електростанцій на базі сонячної та вітрової енергії можуть бути використані як тестові при розробці математичної моделі роботи сумісної вітро-сонячної станції. Така модель необхідна для оптимального вибору розмірів генеруючих та акумулюючих потужностей відповідно до режимів споживання енергії, для розрахунку показників надійності забезпечення енергією, тощо.

Перелік посилань

1. Кузнецов М.П., Лисенко О.В. Оцінка характеристик вітрового режиму півдня України для потреб вітроенергетики. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2017. № 261. С. 321.

2. Кузнецов М.П., Лисенко О.В. Статистический анализ энергетических показателей солнечной радиации (на примере данных Токмакской солнечной электростанции). Проблемы региональной энергетики. Электронный ресурс. №2(34). 2017. Академия наук республики Молдова. Институт энергетики.

УДК 621.31

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВОДОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ Клендій П.Б., кандидат технічних наук, доцент, Клендій Г.Я. (pklen_@i.ua)

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани*

Передатна функція об'єкта регулювання контуру керування складовою струму i_2 може бути представлена таким виразом:

$$W_{02}(p) = \frac{k_{um} k_i k_{di}}{(T_{\mu} p + 1)(T_i p + 1)}, \quad (1)$$

де k_{di} – коефіцієнт передачі датчика струму, В/А.

Передатна функція замкненого контуру струму за керуючим впливом:

$$W_i(p) = \frac{i_2(p)}{i'_2(p)} = \frac{W'_i(p)}{W'_i(p) + 1} = \frac{1}{k_{di}(2T_a^2 p^2 + 2T_a p + 1)} \approx \frac{1}{k_{di}(T_{\tau} p + 1)}, \quad (2)$$

де $T_{\tau} = 2T_a$.

За налаштування допускається значна похибка контуру струму, тому що вона вибирається зовнішнім контуром швидкості.

Оскільки ЕРС обертання $E = p_0 |\psi_0| \omega$ суттєво не впливає на динаміку, то нею можна знехтувати [1]. Тоді передатна функція об'єкта регулювання швидкісного контуру:

$$W_{01}(p) = \frac{C_m k_{\omega} |\psi_0|}{k_{di} J (T_{\tau} p + 1) p} = \frac{k_m}{J (T_{\tau} p + 1) p}, \quad (3)$$

де $k_m = C_m k_{\omega} |\psi_0| / k_{di}$; $T_{\tau} = 2T_a$; J – момент інерції, кг·м².

Для того, щоб знизити статичну помилку вводять ПІ-регулятор:

$$W_{\text{ПІ}}(p) = \frac{(k_5 p / k_6 + 1) k_6}{p}, \quad (4)$$

Контур регулювання швидкості з ПІ-регулятором може налаштовуватися за умовами симетричного оптимуму (СО) за $T_{em} > 4T_a$:

$$k_6 = \frac{J}{32T_a^2 k_m}, \quad \frac{k_5}{k_6} = 8T_a.$$

Передатну функцію за керуючим впливом при холостому ході і $M_c = 0$ ($I_c = 0$) отримаємо у вигляді:

$$W_\omega(p) = \frac{\omega(p)}{\omega'(p)} = \frac{4T_\tau p + 1}{k_\omega (8T_\tau^3 p^3 + 8T_\tau^2 p^2 + 4T_\tau p + 1)}. \quad (5)$$

Розрахунок регуляторів контурів головного магнітного потокозчеплення та швидкості доповнюється додатковою корекцією налаштувань регуляторів для отримання малого перерегулювання вихідної величини. Вводять також комбіноване регулювання з керуванням розімкненим циклом, коректуючи сигнали, еталонні моделі [1, 2].

Перехідні процеси при накиді чи знятті навантаження в приводі ЧПД з двократно інтегруючою системою підлеглого регулювання характеризуються такою передатною функцією:

$$W_\omega(p) = \frac{d\omega(p)}{I_c(p)} = \frac{(T_\tau p + 1)8T_\tau^2 p}{C_M |\psi_0| T_{em} k_i (8T_\tau^3 p^3 + 8T_\tau^2 p^2 + 4T_\tau p + 1)}. \quad (6)$$

Для моделювання, імітації і аналізу динамічних систем застосовується інтерактивний інструмент MATLAB Simulink. Імітаційна модель у програмі Simulink показана на рис. 1.

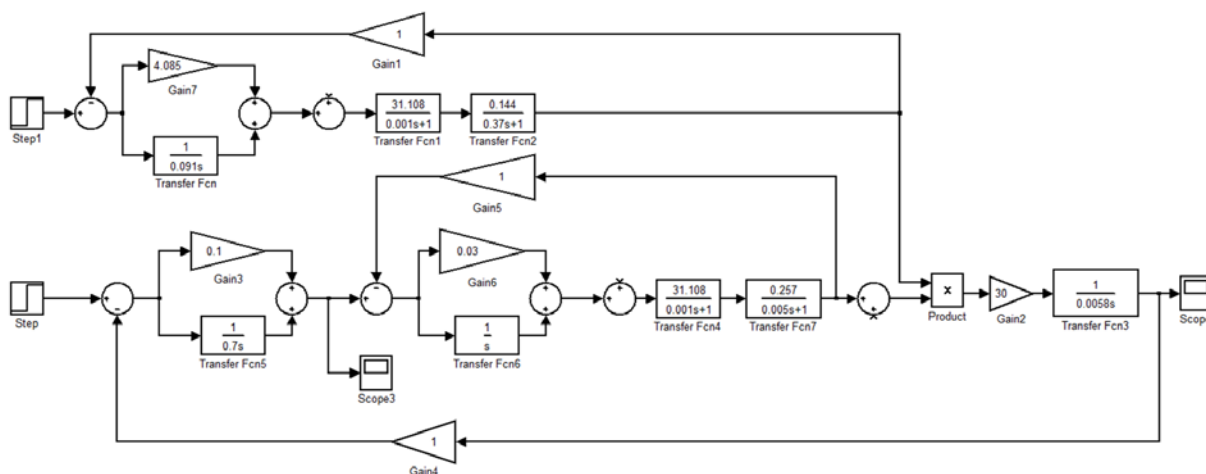


Рис. 1. Імітаційна модель системи в програмі Simulink.

Графіки перехідних процесів показані на рис. 2 і рис. 3.

Час перехідного процесу складає $t = 0,4$ с, перерегулювання $\sigma = 37,5\%$. Час перехідного процесу складає близько $t = 1$ с,

перерегулювання $\sigma = 1\%$. Графік на рис. 2 отримано за таких значень ПІ-регулятора швидкості: $K_5 = 0,1 \frac{1}{K_6} = 0,7$.

Графік на рис. 3 отримано за значення ПІ-регулятора: $K_5 = 0,1 \frac{1}{K_6} = 5$.

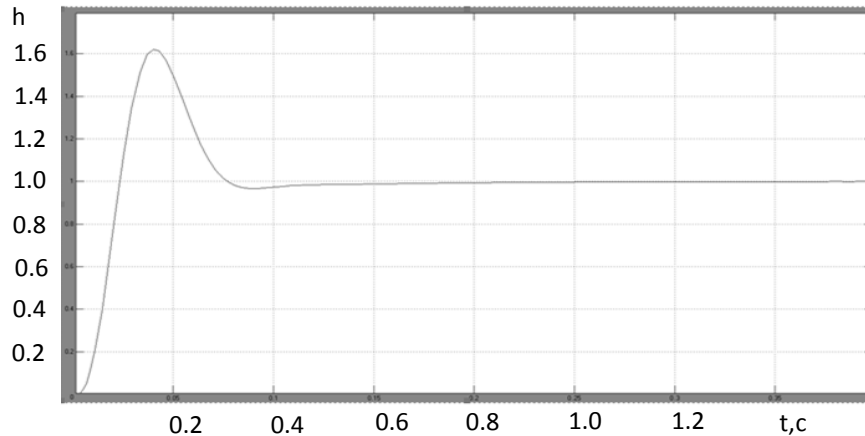


Рис. 2. Перехідний процес за швидкістю з надмірним перерегулюванням.

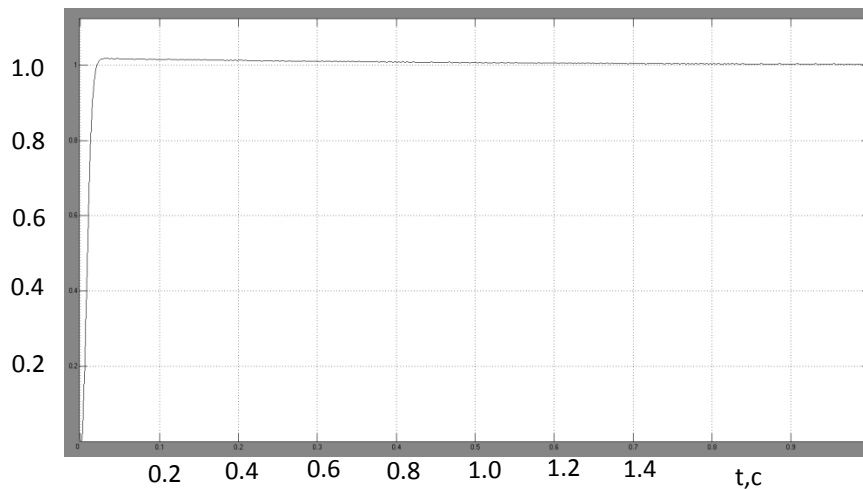


Рис. 3. Перехідний процес за швидкістю з малим перерегулюванням.

Перехідний процес, показаний на рис. 3, є задовільним, з графіка видно, що система є стійкою.

Перелік посилань

1. Онищенко Г.Б. Электрический привод. Москва. РАСХН. 2003. 320 с.
2. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. Санкт-Петербург. СПбГУ ИТМО. 2006. 94 с.

УДК 631.371: 621.31

**ФОТОАКТИВАЦІЯ ЖИВИЛЬНИХ РОЗЧИНІВ У СПОРУДАХ
ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ**

Книжка Т.С., кандидат технічних наук, старший викладач
(knizhkatatyana@mail.ru)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Інтенсифікація овочівництва закритого ґрунту пов'язана із впровадженням енерго- і ресурсозберігаючих малооб'ємних технологій, які дають змогу значно підвищити урожайність овочевих культур та покращити якість продукції. Оскільки вода в рослині є метаболітом – речовиною, яка приймає участь в обміні речовин, то шляхом зміни стану води в клітинах можна направлено впливати на процеси життєдіяльності, ріст та продуктивність рослин. Тому на даному етапі існує можливість використання активованої води та приготованих на її основі поливних розчинів як стимуляторів росту. Активована вода, на відміну від хімічних стимуляторів, нетоксична та широко доступна [1].

Для успішного впровадження у виробництво ці технології потребують вирішення питань мінерального живлення рослин та багаторазового використання живильного розчину. Їх вирішення пов'язане із розробкою і впровадженням електротехнологій, які дозволяють інтенсифікувати процес мінерального живлення рослин та покращити використання води, енергії, мінеральних добрив. Внаслідок цього підвищується урожайність овочевих культур та якість продукції. До таких технологій належить активація поливної води та електротехнологічний контроль та регулювання іонного обміну рослин.

Перелік посилань

1. Книжка Т.С., Червінський Л.С. Дослідження процесу обробки рідких середовищ оптичним випромінюванням. Науковий вісник НУБіП України. 2014. Вип. 194. С. 229–232.

УДК 621.316

**ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПОГОДИННОГО ПРОГНОЗУ
ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ФОТОЕЛЕКТРИЧНІЙ СТАНЦІЇ**

Комар В.О., кандидат технічних наук, доцент (kvo1976@ukr.net),

Лежнюк П.Д., доктор технічних наук, професор, **Дідіченко Є.С.**

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Кравчук С.В., кандидат технічних наук

KNESS R&G Center, м. Вінниця

Вступ. В нових економічних умовах все більшого розповсюдження набувають фотоелектричні електричні станції (ФЕС) прямого

перетворення енергії. Їх використання, крім отримання прибутку від реалізації електроенергії, за певних умов дозволяє розвантажувати електромережі та покращувати якість електроенергії. Однак зростання їх частки у енергобалансі України, а також збільшення одиничних встановлених потужностей призводить до необхідності врахування та компенсації нестабільності таких джерел енергії. Остання зумовлена значною залежністю режимів їх роботи від впливу навколишнього середовища. Нестабільність режимів генерування ФЕС може негативно впливати на нерівномірність сумарного добового графіка навантаження електричних мереж [1], ускладнення планування режимів роботи електроенергетичних систем, а також впливати на стійкість її роботи.

Для забезпечення функціонування енергоринку України, враховуючи позитивну тенденцію щодо розбудови ФЕС, очікуються зміни умов їх функціонування з введенням практики попередніх заявок на генерування для узгодження їх сумісної роботи з традиційними джерелами енергії. Реалізація такого механізму зумовлює необхідність розроблення ефективної системи для короткотермінового погодинного прогнозування обсягів електроенергії, генерованих ФЕС та режимів їх роботи.



Рис. 1. Інтерфейс програмного додатку прогнозування виробітку електроенергії на ФЕС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відповідно до положень закону про ринок електроенергії України [2], для виробників, що виробляють електричну енергію на базі об'єктів відновлювальної енергетики, що використовують енергію вітру і сонячного випромінювання, для яких встановлено «зелений тариф», плата за небаланс встановлюється наступним чином: з 1 січня 2021 року – 10%, з 1 січня 2022 року – 20%, з 1 січня 2023 року – 30%, з 1 січня 2024 року – 40%, з 1 січня 2025 року – 50%, з 1 січня 2026 року – 60%, з 1 січня

2027 року – 70%, з 1 січня 2028 року – 80%, з 1 січня 2029 року – 90%, з 1 січня 2030 року – 100%. Таким чином, з виробника електричної енергії з ВДЕ щоразу стягується/зараховуються вартість небалансів за ціною небалансу помноженою на обсяги небалансу, які розраховуються як різниця між власним погодинним прогнозом на добу наперед і фактичними вимірними обсягами.

В [3] визначено метеопараметри на основі яких побудовано математичну модель погодинного прогнозування виробітку електроенергії на ФЕС. В свою чергу інтерфейсну частину програмної реалізації математичної моделі представлено на рис. 1.

Загальний інтерфейс програми складається з 5 основних частин: 1 – модуль зчитування даних з файлу, з розширенням txt, csv; 2 – модуль завантаження даних з веб-сервісу прогнозних даних, в даному випадку використовується meteoblue, та/або локального файлу; 3 – вікно виведення результатів прогнозування по заданим метеопараметрам; 4 – модуль обробки та зберігання результатів прогнозування; 5 – модуль графічного представлення результатів (рис. 2).

Графік прогнозів

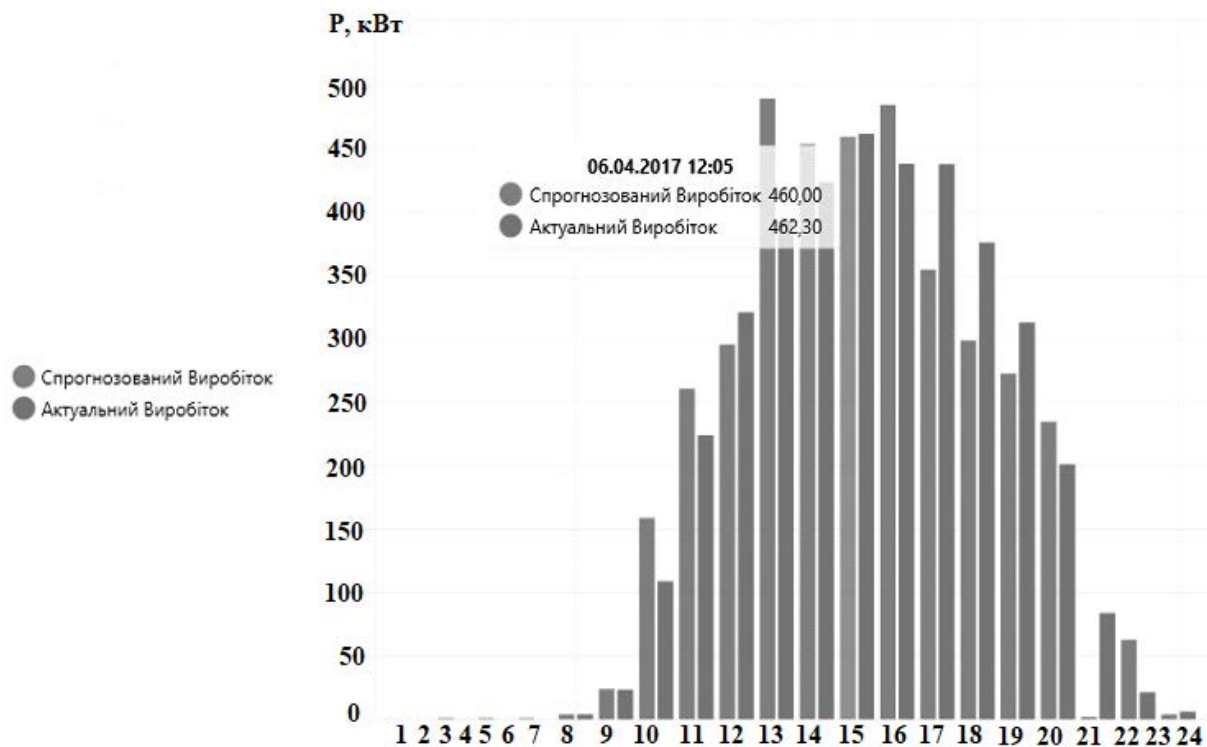


Рис. 2. Графічне представлення порівняння заявленого графіка генерування та фактично виміряного виробітку електроенергії на ФЕС.

Висновки. Розроблений програмний засіб дозволяє прогнозувати погодинний добовий графік генерування ФЕС на наступну добу з досить високою точністю. Що стосується кількості електроенергії, що

прогнозовано має бути згенерована та електроенергії фактично згенерованої за добу, різниця таких даних не перевищує 5%.

Перелік посилань

1. Тугай Ю.І., Козирський В.В., Гай О.В., Бодунов В.М. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів. Технічна електродинаміка. 2011. № 5. С. 63–67.

2. Закон України про «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII. Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.

3. Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В., Дідіченко Є.С. Аналіз метеопараметрів для погодинного прогнозування виробітку електроенергії фотовольтаїчними електростанціями на добу наперед. Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК. 2017. № 1 (6). С. 27–31.

УДК 574:42

**КОНЦЕПЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННОГО
ВПЛИВУ НА НПС**

Кунденко М.П., доктор технічних наук, професор, **Шинкаренко І.М.,
Бородай І.І.** (irina.boroday@gmail.com)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Економічний аспект захисту навколишнього природного середовища і раціонального природокористування полягає в тому, що будь-які продукти, які споживаються людиною, кінцево-кінцем створюються шляхом використання природних ресурсів. У сучасних умовах в господарський обіг втягнута маса різноманітних речовин, причому запаси багатьох з них надто обмежені, а використовуються вони дуже інтенсивно. Отже, щоб забезпечити подальший розвиток суспільного виробництва необхідно передусім зберегти всі потрібні для цього ресурси або знайти їм повноцінну заміну. У результаті прийняття заходів щодо охорони НПС (створення очисних споруд тощо), примноження природних багатств – економічний розрахунок виявляється вирішальним, проте не завжди. Однак основною причиною негативних екологічних наслідків у результаті впливу на природу господарської діяльності людини є те, що при вторгненні в природу, заради економічних цілей не враховується протиріччя, яке свідчить про те, що інтереси екології та економіки часто суперечать один одному. Звідси виникає необхідність створення загальної концепції економічної оцінки використання природних ресурсів, що дозволила б виробити єдину систему показників для оцінки різноманітних заходів, що не суперечать ані економіці, ані екології [3]. Сучасна оцінка технологій ґрунтується на еколого-економічному принципі господарювання, за якого при визначенні загальних витрат на виробництво

тієї чи іншої продукції враховують також величину збитків, заподіяних забрудненням навколишнього природного середовища.

З цієї точки зору навіть високовартісний технологічний процес може бути ефективнішим порівняно з процесом, який спричинює значне забруднення довкілля [1]. Забезпечення реальних рішень екологічних проблем, формування стійкого типу економічного розвитку неможливо без оцінки ефективності функціонування економічних структур з екологічних позицій. Одним з напрямків екологізації економічного розвитку є орієнтація на кінцеві результати. Реалізація подібного програмно-цільового підходу до використання природних ресурсів передбачає побудову для кожного з них або групи своєї природно-продуктової вертикалі (ланцюжка), що з'єднує первинні природні фактори виробництва з кінцевою продукцією. Рух природної речовини і продуктів його обробки здійснюється за допомогою інтегрованого ланцюжка видів діяльності, що належать до різних сфер і галузей, але об'єднуються технологічно для виробництва і реалізації кінцевої продукції. Побудова такого ланцюжка дозволяє оцінити резерви в кожній її ланці і виявити їх в цілому для природних ресурсів, які використовувалися нераціонально. У зв'язку з такою постановкою питання необхідний аналіз взаємозамінності і доповнюваності факторів виробництва в економіці з позиції кінцевих результатів, можливості економії природних ресурсів при збереженні збільшення кінцевого виходу продукції [2]. Розвиток переробних, обробних і інфраструктурних галузей дозволяє більш повно використовувати конкретний природний ресурс, ліквідувати втрати через нерозвиненість інфраструктури і переробки, що в цілому сприяє збільшенню кінцевих результатів.

Аналіз антропогенного циклу кругообігу речовин підтверджує, що для безперервного його функціонування потрібно постійно і в зростаючій кількості споживати первинні відновні та невідновні ресурси, оскільки постійно зростають потреби суспільства. Рациональне природокористування передбачає господарювання таким чином, щоб забезпечити самовідтворення відновних природних ресурсів, тому їх використання має бути науково обґрунтованим і відповідним чином узгодженим з відповідними службами, які здійснюють моніторинг за їх використанням. Використання невідновних природних ресурсів має обмежуватися і базуватися на самообмежувальному мінімумі, з одного боку, а з іншого – необхідно бережливо і раціонально використовувати вже видобуті корисні копалини, дбайливо і довгостроково споживати виготовлені з них продукти та предмети вжитку, своєчасно їх відновлювати. Відходи предметів, які повністю вийшли з ужитку, необхідно збирати й переробляти у вигляді вторинних матеріальних ресурсів [4].

З метою забезпечення оптимального використання природних ресурсів в Україні необхідно здійснювати реструктуризацію економіки,

спрямувавши її в бік зменшення використання матеріальних і енергетичних ресурсів та самозабезпечення. Водночас потрібно використовувати сучасні найбільш ефективні безвідходні і маловідходні технології в усіх галузях народного господарства. У сучасних умовах господарювання все більшого значення набуває екологізація використання природно-ресурсного потенціалу. Екологізація виробничої діяльності і раціональне використання природних ресурсів мають стати пріоритетними напрямками державної політики у здійсненні соціально-економічних реформ, необхідною умовою та підґрунтям формування національної економічної доктрини.

Перелік посилань

1. Маляренко В.А., Лисак Л.В. Енергетика, довкілля, енергозбереження. Харків. Рубікон. 2004. С. 368.
2. Джигирей В.С., Сторожук В.М. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Львів. 2001. 340 с.
3. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Львів. Новий світ-2000. 2005. 256 с.
4. Бородай І.І. Енергетичні аспекти зменшення антропогенного навантаження в електроенергетичній галузі України. Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. Харків. ХНТУСГ. 2017. Вип. 187. С. 95–96.

УДК 621.7.044.7:631.53.01:633.15

**ОБРОБКА НАСІННЯ КУКУРУДЗИ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ
ПОЛІ ВИСОКОЇ ТА НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ**

Лазарюк К.О., (kostiantynlazariuk@gmail.com), **Чміль А.І.**, доктор
технічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

У зв'язку з орієнтацією передових країн світу на екологічно безпечні технології виробництва сільськогосподарської продукції все більше уваги приділяється розвитку електротехнологічним методам обробки, одним з яких є передпосівна обробка насіння електромагнітними полями різного діапазону [1].

Відомо, що за передпосівної обробці насіння сільськогосподарських культур електромагнітними випромінювання (ЕМВ) різної потужності та інтенсивності можна одержати позитивні результати. Позитивний ефект впливу спостерігається у досить широкому діапазоні частот електромагнітного поля від статичного (квазістатичного) електричного поля до електромагнітного випромінювання оптичного і більш високочастотного діапазону [2, 3]. Одним серед електромагнітних

випромінювань, які мають позитивний вплив на схожість і ріст рослини, є електромагнітне поле в діапазоні високої частоти 3-30 МГц. Його застосування дозволяє зменшити час вегетації і збільшити врожайність культур.

Технологія обробки насіння ЕМП НВЧ дозволяє зберегти в насінні всі поживні речовини, вітаміни та мінерали, що за обробки іншими методами домогтися досить складно. Обробка насіння відбувається в результаті поглинання оброблюваним матеріалом енергії електромагнітних хвиль надвисокої частоти. На відміну від традиційних методів теплової обробки сільськогосподарської продукції НВЧ енергія нагріває насіння, проникає і рівномірно розповсюджується по всьому об'єму матеріалу.

Також встановлено, що магнітне поле пришвидшує дифузію молекул через клітинну мембрану, в тому числі кисню [4]. Підвищення проникності клітинних мембран і швидкості хімічних реакцій при обробці ЕМП НВЧ викликає збільшення водопоглинання, що в свою чергу прискорює розвиток рослини і сприяє підвищенню врожайності [5].

Перелік посилань

1. Іноземцев Г.Б., Берека О.М., Окушко О.В., Усенко С.М. Електротехнології обробки сільськогосподарської продукції: навчальний посібник. Київ. ЦП «Компринт». 2015. 306 с.

2. Нікіфорова Л.Є. Огляд існуючих способів підвищення врожайності овочевої продукції в захищеному ґрунті. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. ХДТУСГ. 2004. Вип. 27. Т. 2. С. 85–89.

3. Черенков А.Д., Косулина Н.Г. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства. Світлотехніка та електроенергетика. Харків. ХНАМГ. 2005. №5. С. 77–80.

4. Козырский В.В., Савченко В.В., Синявский А.Ю. Влияние магнитного поля на диффузию молекул через клеточную мембрану семян сельскохозяйственных культур. Вестник ВИЭСХ. 2014. №2(15). С. 16–19.

5. Козырский В.В., Савченко В.В., Синявский А.Ю. Вплив магнітного поля на водопоглинання насіння. Науковий вісник НУБіП України. 2014. Вип. 194, ч. 1. С. 16–20.

УДК 519.6:001.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА НА ЭМБРИОН

Левкин Д.А., кандидат технических наук (e-mail:valoi@i.ua)

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенка, г. Харьков*

Математическое моделирование процесса лазерного воздействия на биологический материал связано с определенными трудностями получения

избыточной температуры лазерного нагрева биологического материала и значений технических параметров лазерных излучателей. Это, как правило, обусловлено сложной геометрией и многослойной структурой биологического материала. В связи с этим, для уменьшения потерь биоматериала, затрат временных и энергоресурсов, необходима постановка корректной математической модели процесса лазерного воздействия. Несмотря на то, что в основе расчетной математической модели процесса лазерного воздействия на биологический материал лежит краевая задача системы дифференциальных уравнений теплопроводности, которые являются уравнениями параболического типа, в силу особенностей геометрической формы биоматериала, его структуры и специфики электронно-лучевого воздействия, невозможно гарантировать корректность рассматриваемой краевой задачи. Актуальность исследуемого вопроса отмечена в работах ведущих зарубежных и отечественных ученых: Antinori S., Douglas D.H., Бутковского А.Г., Стояна Ю.Г., Путятин В.П., Мегеля Ю.Е., Чубарова Е.П., Макарова А.А.

В качестве примера многослойного биоматериала, для которого невозможно гарантировать корректность построенной математической модели рассмотрим эмбрион. Данный микробиологический объект имеет неоднородную по своим теплофизическим свойствам, многослойную структуру и процесс теплового воздействия лазера описывается с помощью краевой задачи многомерных, неоднородных, нелинейных и нестационарных дифференциальных уравнений теплопроводности в сферической системе координат. При этом, если не рассматривать эмбрион как однородное тело с усредненными значениями теплофизических параметров, то невозможно гарантировать существование и единственность решения краевой задачи. Однако, такое усреднение, в свою очередь, приведет к излишним потерям клеток и получению усредненных значений параметров лазерных излучателей.

Таким образом, для уменьшения травмируемости клеток, экономии тепловых и энергоресурсов на этапе численной и программно-аппаратной реализации прикладных оптимизационных математических моделей, описывающих процесс действия лазерного луча на эмбрион, необходимо определить условия корректности рассматриваемой краевой задачи. Продвижению в этом направлении и посвящена данная работа.

ОДНОФАЗНИЙ КОМПЕНСОВАНИЙ АСИНХРОННИЙ ДВИГУН

Мархонь М.В., Чусенко Р.М., кандидат технічних наук, доцент
(roman_chuenko@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ

Мета досліджень – розробка засобів для покращання енергетичних показників однофазного конденсаторного асинхронного двигуна шляхом перетворення його на двофазний із використанням фазозсувного елемента у вигляді конденсатора електричної ємності.

Результати. Загальна обмотка статора однофазного компенсованого асинхронного двигуна складається із двох окремих обмоток, які вмикаються за схемою поворотного АТ на електричну ємність C_d (рис. 1). При цьому відбувається подвоєння кількості фаз однофазного конденсаторного двигуна, чим забезпечується створення обертового магнітного поля та пускового моменту з його збільшенням від нуля до деякої величини M'_n (рис. 1,в).

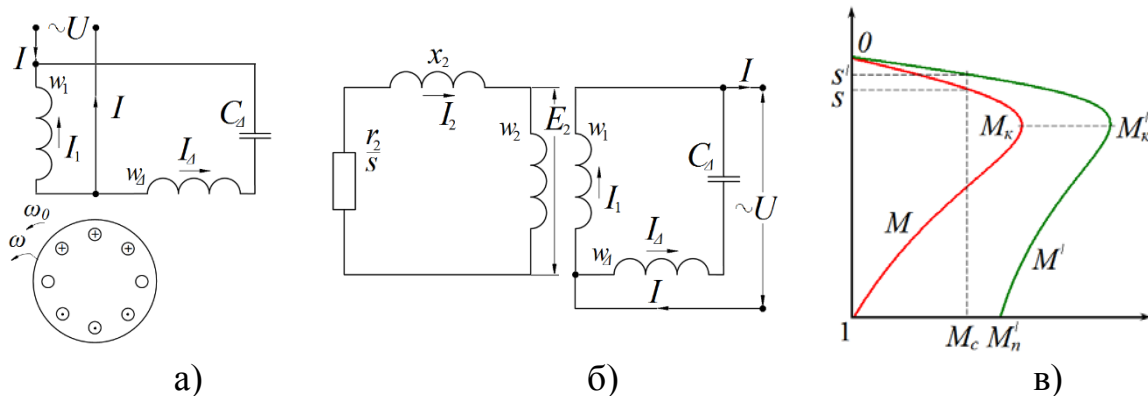


Рис. 1. Принципова електрична схема обмотки статора (а), схема заміщення (б) однофазного компенсованого електродвигуна та механічні характеристики однофазного двигуна $M(s)$ і однофазного конденсаторного (компенсованого) двигуна ($M'(s')$).

Рівняння електричної рівноваги для фази ОКД за схемою рис. 3, б за другим законом Кірхгофа, мають вигляд:

$$\begin{aligned}\dot{U} &= -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 z_1; \\ \dot{U} &= \dot{U}_\Delta + \dot{U}_{C\Delta} = -\dot{E}_\Delta + \dot{I}_\Delta Z_\Delta - jx_{C\Delta} \dot{I}_\Delta; \\ 0 &= -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 z_2,\end{aligned}\tag{1}$$

де $\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = -jx_m \dot{I}_0$, В – основна ЕРС обмоток w_1 статора та w_2 ротора; $\dot{E}_\Delta = j\dot{E}_1$, В – ЕРС додаткової обмотки Δw ; $z_1 = z_\Delta = r_1 + jx_1 = r_\Delta + jx_\Delta$, Ом – власні опори однакових обмоток w_1 та Δw ; $r_1 = r_\Delta$, Ом – їх активні опори; $x_1 = x_\Delta$, Ом – реактивні опори розсіювання; $z_2 = r_2/s + jx_2$, Ом – опір вторинної обмотки (ротора); x_m , Ом – опір кола намагнічування двигуна, який

вважається сталим за [3] і визначається за кривою намагнічування з урахуванням її нелінійності [4, 5]; s – ковзання двигуна.

За заданих напруги живлення $\dot{U}$, параметрів двигуна [3] та внесеного реактивного опору $x_{c\Delta}$ ємності C_{Δ} , вибраної величини ковзання $0 \leq s \leq 1$ режиму двигуна система рівнянь (1) розв'язується відносно шуканих струмів $i_1, i_{\Delta}, i_2, i_0$ та напруг $\dot{U}_{\Delta}, \dot{U}_{c\Delta}$, потужностей та моменту двигуна.

Висновки. Наведена методика розрахунку характеристик однофазного компенсованого асинхронного двигуна. Аналіз отриманих характеристик дає можливість обґрунтувати зміну параметрів двигуна для підвищення енергетичної ефективності та покращання його пуско-регулювальних характеристик.

Перелік посилань

1. Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболевская Е.А. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник. Москва. Энергоиздат. 1982. 504 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Ленинград. Энергия. 1976. 782 с.
3. Мішин В.І., Каплун В.В., Чуєнко Р.М. Компенсовані асинхронні машини: монографія. Київ. КНУТД. 2012. 221 с.
4. Копылов И.П. Электрические машины. Москва. Высшая школа, 2002. – 607 с.
5. Мишин В.И., Чуєнко Р.М., Гаврилюк В.В. Эффект внутренней емкостной компенсации реактивной мощности в асинхронном электродвигателе. Электротехника. Москва. 2009. №8. С. 30–36.

УДК 621.31

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ

Масюк М.Ю. (masiuk.mykola@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Характерною рисою розвитку сучасної енергетики є широке застосування в енергетичному господарстві України відновлювальних джерел енергії. Вітроенергетика є перспективною галуззю енергетики, що спеціалізується на перетворенні кінетичної енергії повітряних мас в електричну, механічну, теплову або в будь-яку іншу форму енергії, яка є зручною для використання в народному господарстві. Таке перетворення може здійснюватися такими пристроями, як вітрогенератор (для отримання електричної енергії), вітряк (для перетворення в механічну енергію), парус (для використання в транспорті) та іншими пристроями [1]. В доповіді розглянуті вітроелектричні установки (ВЕУ), які призначені для

використання енергії вітру і перетворення її в електричну енергію. Вітрогенератори встановлюють в місцях з потужним ареалом вітрового потоку – біля морів і океанів, в гірській місцевості. Потужності вітрових електростанцій можуть досягати десятків і сотень мегават.

В доповіді проведено аналіз існуючих конструкцій вітроелектричних установок. Сучасна вітроенергетика базується в основному на застосуванні вітрогенераторів двох основних типів – горизонтально-осьових пропелерних вітрогенераторів з горизонтальною віссю обертання і вертикально-осьових (або ортогональних) з вертикальною віссю обертання. Ротори останніх виконуються у вигляді вертикально розташованих лопатей або при їх спеціальному виконанні – так звані ротори «Дар'є».

Загальний коефіцієнт корисної дії вертикальних і горизонтальних вітрогенераторів складає відповідно 20–30% і 25–35%. Вітрогенератори з вертикальною віссю обертання працюють при більш низьких швидкостях вітру, але мають невеликі потужності і не набули широкого промислового впровадження. Вітрогенератори з горизонтальною віссю обертання розраховані на більш високі швидкості вітрового потоку, але є більш поширеними і мають великі одиничні потужності до 7 МВт включно [2].

Перевагами вертикальних вітрогенераторів є незалежність від напрямку вітрового потоку, тобто їм не потрібно повертатися при зміні напрямку вітру, а горизонтальні вітрогенератори повинні відстежувати напрям вітру і повертатись згідно з цим напрямом. У момент розвороту горизонтальних вітряків продуктивність падає, так як сила потоку вітру згасає [3].

Період розвитку вертикальних ВЕУ становить близько 50 років. За цей період часу вчені провели величезний обсяг теоретичних досліджень, розглянуто принципи формування аеродинамічних потоків при їх функціонуванні, вивчені питання міцності і динаміки роторів. Для удосконалення роторів Дар'є необхідно провести наукові і інженерні дослідження, які можуть вирішити проблеми, що пов'язані з підвищеною масивністю, інерційністю обертових вузлів та інших аспектів. Це важливо для підвищення їх ефективності та надійності з метою збільшення потужності вертикальних ВЕУ, які наближають їх до існуючих потужностей горизонтальних ВЕУ.

Перелік посилань

1. Кривцов В.С., Яковлев А.И. Ветроэнергетика в Украине: Реальность и перспективы. Проспект Правды. 1998. №7 (14).
2. Малышев Н.А., Ляхтер В.М. Ветроэлектрические станции. Москва. Энергоатомиздат. 1988. 165 с.
3. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэлектрoгенераторы. Харьков. Нац. аэрокомс. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т. 2003. 400 с.

На електричних контактах можуть утворюватися різні типи плівок: плівки потемніння (окисні або сульфідні), адгезійні плівки, пасивуючі плівки, граничні змащувальні плівки. Окисні і сульфідні плівки є напівпровідниками з великим питомим опором, який виникає при порушеннях в їх решітці. Оскільки щільність таких порушень змінюється від точки до точки, що частково залежить від будови решітки металу, яка знаходиться під плівкою, питомий опір окислів буде змінюватися також від точки до точки. Крім цього, товщина плівок потемніння залежить від того, на якій грані кристала ця плівка з'явилась. Це все разом призводить до висновку, що будь-яка плівка потемніння на полікристалічний металевій поверхні є неоднорідною.

Встановлено, що поверхні металів володіють виключно високою гетерогенністю і складаються з почергових ділянок з малим і з дуже великим опорами і таке явище спостерігається навіть у благородних металів.

Видимі оком плівки, якщо вони не зруйновані в результаті електричного пробою, будуть практично ізолювати тверді поверхні і значно ускладнювати роботу електричних контактів. Найбільш відома адгезійна плівка складається з кисню. Якщо чисту поверхню піддати впливу повітря, то на ній буде осідати кисень у вигляді фізичних адсорбованих молекул, які виявляються пов'язаними з поверхнею металу порівняно невеликими силами, навіть при контактній температурі потрібно трохи часу, щоб ці молекули швидко дисоціювали внаслідок каталітичного впливу металу. Одночасно атоми можуть виявитися хемосорбованими, тобто ковалентно зв'язаними з атомами металу. На поверхні контакту проявляється вплив питомого тунельного опору σ – опору, що чиниться на 1 см^2 плівки тунельного струму, що пронизує її. В адгезійних і пасивуючих плівках він знаходиться в межах $5 \cdot 10^{-9}$ - 10^{-4} Ом·см². Обчисливши контактну поверхню за допомогою рівняння:

$$P = \xi H A_b,$$

де ξ – коефіцієнт стискання матеріалу, H – твердість матеріалу контакту, A_b – площа поверхні контакту (приймаємо $H = 5 \cdot 10^{-6}$ г / см² і $\xi = 0,3$ при $P = 10^{-3}$ г), отримаємо:

$$A_b = 6,7 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2.$$

Звідси опір плівки буде:

$$7,5 \text{ Ом при } \sigma = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2 \text{ і } 1500 \text{ Ом при } \sigma = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2.$$

Можна вважати, що при таких величинах опору контакт порушується. Опір стягування, пов'язаний з тією ж поверхнею A_b , має величину близьку 0,1 Ом, тобто дуже малий в порівнянні з таким же опором плівки.

Висновки. Основний вплив адгезійних плівок на контакти полягає в наступному:

1. Вони створюють опір, що є основною проблемою в роботі контактів.

2. Контакти з чистого срібла мають перехідний опір в 3 рази менший ніж композиції на основі срібла.

3. Композиції на основі вольфраму мають перехідний опір, який значно перевищує перехідний опір срібних композицій і в значній мірі залежить від контактного натиску і струму на контактах.

Перелік посилань

1. Хольм Р. Электричні контакти. Москва. Издательство иностранной литературы. 1961. С. 35.

2. Декабрун И.Е. Электрические контакты. Москва. Государственное энергетическое издательство. 1978. С. 224.

3. Бейлис И.И. Исследование эрозии металлокерамических контактов на основе серебра и никеля при коммутации малых токов. Москва. Энергия. 1987. С. 305.

4. Белкин Г.С. Исследование электрической эрозии металлокерамических аппаратов. Москва. Электричество. С. 128.

УДК 338.32

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСТІЙНИХ ВТРАТ В ТРАНСФОРМАТОРАХ СІЛЬСЬКИХ СПОЖИВЧИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ

Наливайко В.А., кандидат технічних наук, доцент (nva041@ukr.net),

Радько І.П., кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Силові трансформатори сільських електричних мереж мають значний термін експлуатації, що призводить до збільшення затрат електропостачальників на технічне обслуговування та ремонт, а також негативно впливає на надійність електропостачання. Більше половини парку трансформаторів напругою 10/0,4 кВ мають термін експлуатації 30-50 років.

Втрати неробочого ходу трансформаторів складають до 40% від усіх втрат в розподільчих мережах. Затрати на покриття втрат в трансформаторах несуть їх власники. Величина активних (ΔW_p) та

реактивних (ΔW_Q) втрат визначається відповідно до затвердженої методики [1], а саме:

$$\Delta W_P = 3 \cdot \dot{I}^2 \cdot R_T \cdot k_\phi^2 \cdot 10^{-3} \cdot T_P + P_{HX} \cdot T_H \quad (\text{кВт} \cdot \text{год}), \quad (1)$$

$$\Delta W_Q = 3 \cdot \dot{I}^2 \cdot X_T \cdot k_\phi^2 \cdot 10^{-3} \cdot T_P + Q_{HX} \cdot T_H \quad (\text{кВт} \cdot \text{год}) \quad (2)$$

де $\dot{I}$ – середнє протягом розрахункового періоду діюче значення сили струму трансформатора, А; k_ϕ^2 – коефіцієнт форми графіка навантаження трансформатора; R_T – активний опір трансформатора, Ом; T_P – час роботи трансформатора під навантаженням, годин; T_H – час знаходження трансформатора під напругою, годин; P_{HX} – втрати неробочого ходу трансформатора, кВт; Q_{HX} – реактивна потужність втрат неробочого ходу трансформатора, кВт; X_T – реактивний опір трансформатора, Ом.

Суттєвим недоліком цієї методики є то, що в розрахунках приймаються середні значення втрат неробочого ходу, без врахувань особливостей конкретного трансформатора. Хоча відомо, що на ринку появились нові партії трансформаторів із значно меншими каталожними втратами. Нами досліджувались втрати в трансформаторах різних років випусків. Визначення фактичних втрат в трансформаторах входить в перелік нормованих періодичних випробувань, які здійснюються вимірювальними електrolабораторіями.

Таблиця 1. Залежність величини постійних активних втрат трансформаторів ТМ 160/10 від терміну експлуатації.

Рік випуску	До 10 років	10-20 років	21-30 років	31-40 років	Більше 40 років
Каталожне значення втрат, Вт	565	565	565	950	1200
Фактичні значення втрат, Вт	600	760	940	1230	1450
Відносне збільшення втрат, %	0	26,7	44,7	105	141,7

Дослідженнями встановлено стійке зростання фактичних втрат із збільшенням терміну роботи трансформаторів. Це пояснюється як еволюцією властивостей електротехнічних сталей, так і погіршенням стану магнітопроводів в процесі експлуатації (корозія магнітопроводів, недосконалість технології ремонту, та ін.).

Застосування фактичних даних при розрахунках втрат безумовно збільшить мотивацію власників щодо заміни старих трансформаторів на нові з покращеними електромагнітними властивостями. За нашими оцінками оновлення парку силових трансформаторів є економічно обґрунтованим. При цьому термін окупності не перевищує 8-10 років.

Перелік посилань

1. Методичні рекомендації визначення технологічних втрат електроенергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Затв. 21.06.2013, №399. Мін-во енергетики та вугільної промисловості України.

Енергія сонця надходить на поверхню нашої планети у вигляді світла, потужність випромінювання становить 165 Вт/м^2 . Звичайно це залежить від погоди, висоти над рівнем моря і широти. Та попри негативні фактори, кількість сонячної енергії, яка потрапляє на поверхню Землі, в 5000 разів перевищує потребу енергії всього людства! Ми почали використовувати безкоштовну енергію сонця ще понад тисячу років тому, отже, історія сонячної енергетики починається з розвитку нашої цивілізації.

В останні десятиліття геліоенергетика – сонячна енергетика в усьому світі розвивається швидкими темпами і в самих різних напрямках. Геліоенергетичні програми розробляються більш ніж в 70 країнах – від північної Скандинавії до випалених пустель Африки. Сонячні пристрої служать для опалення та вентиляції будинків, опріснення води, виробництва електроенергії. Використовуються такі пристрої в різних технологічних процесах.

Використання сонячної енергії для отримання тепла або електрики набуло масового виробництва, що безумовно позитивно вплинуло на ціноутворення. Технічні інновації значно збільшили продуктивність, тривалість експлуатації і суттєво розширили сфери застосування. Тепер сонячні колектори зустрічаються на дахах приватних будинків у північних широтах, хоча до недавнього вважалося, що використання даних технологій на півночі Європи є дуже не рентабельним. Також підприємства і фабрики встановлюють надпотужні геліотермічні установки для часткового або повного заміщення традиційних джерел енергії у виробничих процесах.

Потенціал використання сонячної енергії настільки великий, що людству вистачить навіть одного сонячного дня, щоб покрити річну потребу енергії. Основними перевагами сонячної енергії порівняно з традиційними невідновлюваними джерелами є: доступність і невичерпність джерела; повна безпека для навколишнього середовища; ефективне використання як прямого, так і розсіяного сонячного випромінювання; можливість створення установок практично будь-якої потужності; досить великий термін служби установок (до 50 років).

Основними недоліками сонячної енергії є: використання великих площ землі під електростанції; залежність потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов; висока ціна сонячних фотоелементів, що містять отруйні речовини, такі як свинець, кадмій, галій, миш'як тощо. Потенціал сонячної енергії в нашій країні є достатньо високим для широкого впровадження геліосистем фотоелектроенерге-

тичного обладнання практично на всій її території. Сонячне випромінювання в Україні складає 3500-5200 МДж/м² за рік. Сезонний період для активного використання сонячної енергії у північних регіонах продовжується з квітня по вересень, а у південних з березня по жовтень, що становить 1900-2400 годин в рік. Загальне середньорічне сонячне випромінювання варіюється від 1070 кВт·год/км² у місяць в північних районах до 1400 кВт·год/км² на півдні країни.

Зокрема, ефективність роботи сонячної енергетики України є вищою ніж у Франції (1 063,5 кВт·год/кВт та 12,1 %) та Греції (923,5 кВт·год/кВт та 10,5 %), що мають кращі показники інтенсивності сонячного випромінювання ніж Україна, а також Німеччини (874,8 кВт·год/кВт та 9,99 %) – загальносвітового лідера за встановленою потужністю сонячної енергетики. Такий результат ефективності роботи сонячної енергетики України обумовлений розміщенням сонячних електростанцій у південних регіонах, що мають більшу інтенсивність сонячного випромінювання ніж області центральної та північної України, а самі сонячні електростанції є потужними та сучасними об'єктами, які збудовані з використанням останніх технічних досягнень.

Отже, в подальшому в Україні доцільно розширювати використання, насамперед, невеликих сонячних електростанцій, що розміщуються на дахах та стінах будівель. Наразі прикладів успішного спорудження відповідних об'єктів надзвичайно мало. Такий розвиток забезпечить зростання енергетичної незалежності окремих регіонів та зменшення енергетичної залежності економіки України від постачання викопних паливних ресурсів з-за кордону. Розвитком великих (десятки чи навіть сотні МВт встановленої потужності) сонячних електростанцій доцільно займатись також, але вони не повинні розміщуватись на землях, які придатні для сільськогосподарського використання. Тобто, не призводити до зменшення сільськогосподарського виробництва в Україні, оскільки цей напрям за останні декілька років є провідним у розвитку української економіки.

Перелік посилань

1. Гура К.Ю., Іванько Д.К., Мищенко Д.К. Солнечные тепловые электростанции. Электрик. 2010. № 3/4. С. 34–37.
2. Життя на сонці: чому в Україні не використовують енергію відновлюваних джерел? Урядовий кур'єр. 2011. № 33. С. 11.
3. Константиновский Ю.А., Заваров А.И., Рабинович М.Д. Использование солнечной энергии для теплоснабжения зданий. Київ. Будівельник. 1985. 103 с.
4. Калініченко В.М., Ришард Т. Техніко-економічні показники сонячних колекторів різних конструкцій. Вісник аграрної науки. 2011. № 1. С. 47–51.

5. Красновский А.А. Биологическое преобразование солнечной энергии. Экология и жизнь. 2005. № 2. С. 44–46.

УДК 338.32

**ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАСІБ
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В НУБІП УКРАЇНИ**

Окушко О.В., кандидат технічних наук, доцент (oaleks@ukr.net),

Антіпов Є.О., кандидат технічних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Енергозбереження як засіб енергоефективності це процес внаслідок якого зменшується потреба у використанні різних видів енергії, тобто споживається тільки та частина енергії (електрична або тепла), що необхідна для створення оптимальних умов праці людини. Це призводить до необхідності її заощадження і, як наслідок, до забезпечення максимальної ефективності при її використанні. Проблема енергозбереження тісно пов'язана з питаннями технічної та структурної перебудови будь-якого господарчого суб'єкта в цілому.

В останні роки НУБіП України зіткнувся із загостренням проблем енергопостачання, що викликано недостатнім бюджетним фінансуванням та їх низькою енергоефективністю, як споживачів енергоресурсів і енергоносіїв. Ця проблема, в першу чергу, постала в наслідок того, що на території університету є велика кількість навчальних і житлових будівель і зумовлена, в першу чергу, факторами на які ще в недалекому минулому не звертали уваги, а саме дешевизною енергоресурсів та відсутністю дієвих стимулів до енергоощадності.

Враховуючи загострення відповідної проблеми, фахівцями ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП України були визначені і розроблені певні заходи для зменшення споживання енергоносіїв, які полягають в структурно-технологічній перебудові господарчої частини університету, що сприятиме підвищенню енергоефективності використання енергоносіїв [1, 2].

Основними стратегічними напрямками підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження в НУБіП України були визначені, в першу чергу, організаційно-технічні заходи, що пов'язані в основному з підвищенням якості технічного обслуговування електротехнічного обладнання і його своєчасного ремонту, пошуку сучасних методів і режимів його експлуатації, розробці ефективних інструментів моніторингу і управління споживання енергетичними ресурсами в університеті, а також пошуку механізмів стимулювання заходів з підвищення енергоефективності і енергозбереження. На основі

цих рекомендацій в НУБіП України була розроблена відповідна Програма з енергозбереження на період до 2020 року.

Деяка робота в цьому напрямі була зроблена. Так, наприклад, відбулося утеплення конструкцій будівель теплоізолюючими матеріалами та встановлення у навчальних корпусах і гуртожитках тепловодолічильників відбувається оснащення теплових пунктів вузлами регулювання витрат теплоносія з програмним обмеженням тепло споживання у нічний час і у вихідні (святкові) дні.

Першими результатами дії Програми було зменшення споживання енергоресурсів університету після початку дії Програми з енергозбереження до 30 %, і це не є межею.

Отримана економія енергоресурсів дала можливість зменшити платежі за спожиту теплову енергію і зменшити фінансовий тиск зі сторони держави на університет, що пов'язано з недостатнім фінансуванням та збільшенням тарифів на енергоносії.

Перелік посилань

1. Козирський В.В., Берека О.М., Шеліманова О.В., Антипов Є.О. Результати спрощеного енергоаудиту об'єктів НУБіП України: [електронний ресурс]. Енергетика і автоматика. 2012. С. 55–65. Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/eia/2012_1/12kvvonu.pdf.

2. Лут М.Т., Міщенко А.В., Радько І.П. Рекомендації з підвищення якості енергозабезпечення, енергоощадності та енергоефективності в Національному аграрному університеті. Київ. Видавничий центр НАУ. 2005. 39 с.

УДК 620.193.4:669.35

ПЕРЕХІДНИЙ ОПІР ТА КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ В ХІМІЧНО АКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

Панітовський Я.С., Коробський В.В., кандидат технічних наук, доцент
(kor.vladlen.2002@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Мета досліджень – використання електроконтактних матеріалів на основі міді в низьковольтній апаратурі замість срібних при їх експлуатації в хімічно активних середовищах сільськогосподарства.

Вивчалась корозійна тривкість на зразках міді та її сплавів. Для сплавів домішки можна розділити на три групи: метали з необмеженою розчинністю в міді (Ni); метали з обмеженою розчинністю (Nb, Ti, Cr, Zr); метали, які не взаємодіють з міддю (Mo). Домішки складали 1;5 і 10 ваг. %.

Ріст плівкового покриття фіксувався шляхом зміни перехідного контактного опору. Перехідний контактний опір і корозійна стійкість матеріалів оцінюється згідно шкали корозійної тривкості на основі петрографічного аналізу взаємодії продуктів на поверхні.

Як показали досліди, корозивне газове середовище суттєво впливає на властивості електроконтактних матеріалів. Внаслідок різних хімічних процесів, а також формування твердих шарів різної природи і товщини, значно змінюється перехідний контактний опір контактів.

Встановлено, що найбільш впливає корозивне середовище на контакти, які працюють в суміші сірководню з аміаком, особливо при наявності вологи.

Найбільшу стійкість мають контакти, випробувані в NH_3 , CO_2 . В цьому випадку поверхня контактів покрита матеріалом чорного кольору, який є оксидом міді CuO .

В середовищі аміаку при доступі повітря на поверхні міді та її сплавів виникає комплексний гідроксид $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, який розчиняється у воді. Внаслідок цього контактний опір зразків змінюється мало ($R_k \leq 50 \text{ мОм}$).

Як в середовищі аміаку, так і в інших дослідних корозивних середовищах, оксиди металів-домішок ZrO_2 , Nb_2O_5 , MoO_3 , NiO , Cr_2O_3 і TiO_2 , які виникають в невеликих кількостях ($<5 \text{ ваг.}\%$) на зразках у вологому повітрі, петрографічно не визначаються. В той час підвищення перехідного опору і зниження корозійної стійкості контактних матеріалів, які містять крім міді порівняно велику ($5\text{-}10 \text{ ваг.}\%$) кількість Zr , Nb , Mo і інших перехідних металів, пояснюється утворенням в процесі взаємодії оксидів ZrO_2 , Nb_2O_5 , MoO_3 з великим співвідношенням Пілінга-Бедворса (відношення питомих об'ємів оксиду і металу).

Задовільні антикорозійні властивості проявляють майже всі вивчені матеріали і в середовищі диоксиду вуглецю (CO_2).

Корозійна тривкість електроконтактних матеріалів на основі міді значно погіршується в сірководні. При цьому встановлений механізм взаємодії в усіх дослідних випадках не відповідає процесу сульфідотворення. CuS і інші сульфіди металів при відносній вологості середовища $95\text{-}98\%$ кристалооптично не визначаються.

Перелік посилань

1. Гордеев Ю.И., Зеер Г.М., Теремов С.Г., Зеленкова Е.Г. Монослойные электроконтакты на основе серебра и меди. Наука производству. 2000. №3. С. 25–28.

УДК 62:621.395.66

**МОДЕЛІ І МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАПРУГИ
В РОЗПОДІЛЬНІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 10 КВ**

Панов А.О., Тимчук С.О., доктор технічних наук, професор (stym@i.ua)
*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Постановка проблеми. Напруга мережі постійно змінюється разом зі зміною навантаження, режиму роботи джерела живлення, опору ланцюга. Відхилення напруги не завжди знаходяться в інтервалах допустимих значень [1].

Причинами цього є:

а) втрати напруги, що викликаються струмами навантаження (зміна активної потужності від мінімального до максимального значення викликає великі зміни втрат напруги в часі);

б) неправильний вибір перетинів струмоведучих елементів і потужності силових трансформаторів;

в) неправильно побудовані схеми мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підтримання рівня напруги на затискачах споживача в допустимих межах в різних місцях електричної мережі проводять регулювання напруги, яке може бути централізованим або локальним [2].

Централізоване регулювання напруги проводиться у вузлах електричних мереж і використовується при живленні великої кількості споживачів (велике підприємство, місто). В такому регулюванні можна виділити три підходи: стабілізація напруги, двоступінчасте регулювання напруги і зустрічне регулювання напруги.

Локальне регулювання напруги проводиться безпосередньо на споживачі (електродвигуні, електричній печі, відповідальній установці тощо) і поділяється на групове та індивідуальне. Групове регулювання застосовується для групи споживачів, а індивідуальне – в основному в спеціальних цехах.

Один з сучасних методів регулювання напруги в електричних мережах є регулювання напруги зміною коефіцієнта трансформації силових трансформаторів, а детальніше трансформаторами з механічними пристроями РПН та трансформатори з ПБЗ.

Мета тези. Огляд можливих методів підвищення якості напруги в розподільних мережах, пропонування та створення можливих впроваджень у підвищення якості напруги.

Основні матеріали дослідження. Вирішення недоліків та проблем у використанні методів вище це можливе впровадження систем автоматизації у методи регулювання напруги (якості) в розподільних мережах 6-10-35 кВ. А тобто, встановлення датчиків, сенсорних панелей та мікроконтролерів, або мікропроцесорів, які в свою чергу, дадуть чітку

інформацію щодо надходженої напруги. Наприклад, до споживачів потрібно, щоб надійшла потрібна напруга з похибкою в допустимих нормах +5% або -5% та максимальних нормах +10% або -10%. І при різноманітних природних факторах, або довжини розподільної мережі, похибка напруги збільшується. Де вже напруга надходить до споживача. Тому з впровадженням систем автоматизації ми зможемо контролювати напругу, за допомогою датчиків контролю зовнішніх факторів, а тим паче природних факторів. Мікроконтролери обчислюють дані отримані з датчиків і відправляють сигнал, щодо перемикання трансформатора з пристроями РПН. Тобто, створення та впровадження автоматизованого процесу у регулювання напругою.

Висновок. Сучасні методи регулювання напругою для підвищення якості вже застаріли, а так як світ переходить до інформаційних технологій, яка має сукупність методів, виробничих і програмно-технологічних засобів, об'єднаних у технологічний ланцюжок, що забезпечує збирання, зберігання, обробку, висновок і поширення інформації. Виходячи з цього потрібно відмовлятися від механічних пристроїв і використовувати електричні пристрої, а точніше пристроїв автоматизації. Які більш точні, більш зручні та більш безпечні у експлуатації.

Перелік посилань

1. Рэнси Р. Трансформаторы с переключением под нагрузкой. Мировая энергетика. 1996. №4. С. 27–33.

2. Веников В.А., Идельчик В.И. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах. Москва. Энергоатомиздат. 1985. 216 с.

УДК 338.32

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОНТАКТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Радько І.П., кандидат технічних наук, доцент, **Наливайко В.А.**, кандидат технічних наук, доцент (nva041@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Електричні апарати є невід'ємною складовою всіх технологічних машин в аграрному виробництві. Срібло або спечені композиційні матеріали на його основі використовуються як контактні матеріали завдяки високій електроерозійній стійкості та здатності протидіяти окисленню в середовищі агресивних газів та парів тваринницьких приміщень. Значна частина благородних матеріалів безповоротно втрачається внаслідок впливу електродугової ерозії, величина якої визначається за формулою [1]:

$$\Delta M = 10^{-9} \cdot k_e \cdot I_k^2 \cdot n \quad (1)$$

де ΔM – маса металу, яка зруйнована електродуговою ерозією, гр.;

k_e – коефіцієнт ерозії, який враховує властивості контактного матеріалу; I_k – величина струму комутації, А; n – кількість комутаційних циклів.

Параметри електричного кола (сила струму комутації, напруга та $\cos(\varphi)$) є головними факторами, які визначають тип матеріалу, масу та геометричні розміри контакту. Відповідно до цього маса контактів в різних апаратах коливається від декількох міліграм в слаботочних реле до десятків грам в сильноточних апаратах. Кожний комутаційний апарат розрахований на певне граничне число комутацій, яке називається електричною зносостійкістю. Однак, як показали проведені нами дослідження, в комутаційних електричних апаратах технологічних машин сільськогосподарського призначення вона в декілька раз більша технологічно обґрунтованої.

Нами досліджувалась частота комутацій низьковольтних комутаційних апаратів, які призначені для управління різним технологічним обладнанням агропромислового виробництва. Спостереження проводились в різних регіонах України. В загальному обстежено близько 1000 апаратів. Результати спостережень утворюють дискретний варіаційний ряд. Числові значення зібраних експериментальних даних оброблялись методами математичної статистики. Прийнята гіпотеза про відповідність спостережень обчислених по розподілу Грама-Шарльє прийнята з ймовірністю 0,9. Теоретичний розподіл розрахований за допомогою середовища прикладних програм пакету "MathCad".

Результати досліджень щодо частоти комутацій з розрахунку та 20 річний термін експлуатації приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Розподіл технологічно обґрунтованої електричної зносостійкості контактів електричних апаратів.

Кількість циклів комутації, тис. цикл.	До 10	21-30	31-40	41-50	Більше 50
Кількість апаратів	122	197	347	231	103
Відносна кількість апаратів, %	12,2	19,7	34,7	23,1	10,3

Результати досліджень підтверджують гіпотезу про те, що для більшості електричних апаратів, які використовуються в агропромисловому виробництві, достатньо 50 тисяч циклів електричної зносостійкості на 20-ти річний період експлуатації. Такі контакти можуть виготовлятися шляхом електроіскрового або газоплазмового напилення порошковими композиційними матеріалами з наперед заданими властивостями на контакт-деталі електричних апаратів [2]. Обидва методи є достатньо продуктивними та екологічно безпечними. На сьогодні відомі українські виробники, наприклад ТОВ «Промфактор», випускають електромагнітні контактори серії ПММ з класами електрозносостійкості

від 0,3 до 3 млн. циклів і автоматичні вимикачі серії АВ2000 із зносостійкістю 20-100 тис. циклів [3]. Застосування контактних вузлів із завищеною зносостійкістю в аграрному виробництві призводить до недовикористання електричної зносостійкості, тому в більшості випадків в електричних апаратах, які вийшли з ладу, залишається значна частина срібновмістких матеріалів, збір і регенерація яких практично не організовані. Тому існує можливість досягти значної економії срібла за рахунок розширення асортименту апаратів, які будуть відрізнятися по класу електрозносостійкості в сторону її обґрунтованого зменшення в порівнянні з існуючими апаратами. Крім того, в багатьох технологічних машинах можна в повній мірі без погіршення параметрів захисту використовувати автоматичні вимикачі з незалежними розчіплювачами та розчіплювачами мінімальної напруги замість електромагнітних пускачів. Блокування від неправильної послідовності вмикання, нульовий та захист від втрати фази можуть бути забезпечені наявністю в автоматичних вимикачах розчіплювачів мінімальної напруги. Автоматичні вимикачі в цьому випадку повністю забезпечують ресурс по зносостійкості і при цьому досягається економія 9 пар срібновмістких контактів досить високої зносостійкості.

Перелік посилань

1. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс. Харків: ТОЧКА, 2012. 336 с.
2. Медзинський Б., Войтас П., Козловський А., Восік Д., Гродзинський А., Хабрич М., Гречанюк М.І. Експлуатаційні характеристики шаруватого контактного матеріалу Cu-Mo в повітряних АС низковольтних контакторах. Електричні контакти і електроди. Київ. ПІМ АН України. 2014. №12. С. 257–262.
3. Магнітні пускачі ПММ. Каталог продукції ТОВ «Промфактор». <http://promfactor.com/uploads/images/Catalog/UA/PMM-UA.pdf>.

УДК 621.384.4: 581.141

ВПЛИВ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА НАСІННЯ ОГІРКА

Романенко О.І. (AlexeyR@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Забезпечення стійких урожаїв сільськогосподарських культур неможливе без передпосівної обробки насіння, яка сприяє підвищенню якості посівного матеріалу, створенню умов для одночасного зростання і розвитку рослин, а також передбачає знезараження насіння.

Сучасні технології вирощування сільськогосподарських культур передбачають передпосівний обробіток насіннєвого матеріалу для підвищення врожайності. До таких технологій відносяться стимуляція проростання насіння під дією регуляторів росту, фізичних факторів, таких як ультрафіолетове, інфрачервоне і лазерне опромінення, опромінення електромагнітним полем тощо. Обробка насіння оптичним випромінюванням вважається однією з екологічно чистих технологій підвищення врожайності сільськогосподарських культур [1].

Обробка насіння огірка оптичним випромінюванням показала ефективність застосування комбінованої дії ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання лампи ДРТ-400. Польові дослідження підтвердили, що передпосівна обробка насіння тепличних культур оптичним випромінюванням дозволяє підвищити врожайність на 20–25 %.

Перелік посилань

1. Романенко О.І., Червінський Л.С., Книжка Т.С. Теоретичне обґрунтування дії енергії оптичного випромінювання на структури. Вісник Харківського національного технічного університету сільськогосподарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Харків. 2017. Вип. 186. С. 101–102.

УДК 621.313.8: 631.53.027

ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У МАГНІТНОМУ ПОЛІ

Савченко В.В., кандидат технічних наук, доцент (vit1986@ua.fm),

Синявський О.Ю., кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Передпосівна обробка насіння в магнітному полі – енерго- та ресурсозберігаюча технологія, яка дає можливість покращити посівні якості насіння, зменшити захворюваність рослин, підвищити врожайність сільськогосподарських культур та якості продукції.

Метою дослідження було встановлення впливу магнітного поля на зміну посівних якостей насіння сільськогосподарських культур.

Встановлено, що магнітне поле впливає на швидкість хімічних і біохімічних реакцій, а також розчинність солей і кислот, що знаходяться в рослинній клітині [1]. Внаслідок цього змінюються їх рН і біопотенціал.

Під дією магнітного поля підвищується проникність клітинних мембран та транспорт іонів в клітину [2], що обумовлює збільшення водопоглинання насіння, а також концентрації кисню в клітинах.

Внаслідок дії цих факторів зростає енергія проростання, схожість та біопотенціал насіння.

На основі отриманих аналітичних виразів встановлено, що зміна рН, біопотенціалу, ступеня електролітичної дисоціації, водопоглинання, концентрації кисню і іонів в рослинній клітині залежить від квадрата магнітної індукції і швидкості руху насіння в магнітному полі.

Експериментальні дослідження з визначення впливу магнітного поля на посівні якості насіння проводили методом планування експерименту. Значення верхнього, нижнього і основного рівня становили для магнітної індукції 0, 0,065 і 0,13 Тл, для швидкості руху насіння – 0,4, 0,6 і 0,8 м/с.

Насіння переміщували через магнітне поле, яке створювалося чотирма парами постійних магнітів з інтерметалічного композиту NdFeB, встановленими паралельно над і під стрічкою транспортера зі змінною полярністю. Магнітну індукцію регулювали зміною відстані між магнітами. Швидкість руху транспортерної стрічки регулювали зміною кутової швидкості двигуна за допомогою перетворювача частоти.

Встановлено, що за зміни магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл біопотенціал, водопоглинання, енергія проростання і схожість насіння зростають, а за подальшого збільшення магнітної індукції зменшуються. Ефект магнітної обробки залежить від швидкості руху насіння, але вона є менш істотним фактором, ніж магнітна індукція.

Найкращі результати за передпосівної обробки насіння в магнітному полі отримані за магнітної індукції 0,065 Тл і швидкості руху насіння 0,4 м/с. За такого режиму обробки енергія проростання насіння пшениці збільшилася на 50 %, ячменю – 42 %, кукурудзи – 24 %, кабачка – 26%, буряків – 40%. Схожість насіння пшениці збільшилася на 22 %, ячменю – 38 %, кукурудзи – 28 %, кабачка – 26 %, буряків – 38 %. Водопоглинання насіння пшениці зросло з 9 до 14 %, ячменю – з 10 до 21 %. Урожайність сільськогосподарських культур в середньому збільшувалася на 20–25 %.

Перелік посилань

1. Савченко В.В., Синявский А.Ю. Изменение биопотенциала и урожайности сельскохозяйственных культур при предпосевной обработке семян в магнитном поле. Вестник ВИЭСХ. 2013. №2(11). С. 33–37.

2. Козырский В.В., Савченко В.В., Синявский А.Ю. Влияние магнитного поля на диффузию молекул через клеточную мембрану семян сельскохозяйственных культур. Вестник ВИЭСХ. 2014. №2 (15). С. 16–19.

УДК 621.3.067

**ДОСЛІДЖЕННЯ СНАББЕРНОГО ВУЗЛА ЕЛЕКТРОННОГО
КЛЮЧА РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ**

Санченко О.В., Голодний І.М., кандидат технічних наук, доцент
(sansash@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Сучасний асинхронний регульований електропривод базується на використанні напівпровідникових перетворювачів напруги різних типів, для яких, із-за складності чи високої вартості, мало приділено уваги дослідженню різних робочих характеристик. З розвитком комп'ютерного моделювання появилась можливість поглибити дослідження даних процесів.

Мета дослідження – покращення якості гармонічного складу вихідної напруги напівпровідникових перетворювачів регульованого трифазного асинхронного електропривода.

Для дослідження роботи снабберного кола силового транзисторного ключа і вибору його параметрів в основу взята модель трифазного напівпровідникового перетворювача з широтно-імпульсним керуванням. В складі силового блоку перетворювача є трифазне джерело живлення Three-Phase Source, в кожній фазі якого увімкнено активно-індуктивне навантаження RL, трифазний діодний міст UniversalBridge. В коло постійної напруги діодного моста увімкнено силовий транзистор IGBT, який виконує роль ключа для вмикання і вимикання силового кола. Вікно настройки силового транзисторного ключа IGBT дає можливість задати параметри елементів снабберного кола, яке складається з резистора R_S і ємності C_S .

Висновки і перспективи. Результати досліджень на комп'ютерній моделі електромагнітних процесів в колі силового електронного ключа показали, що при активно-індуктивному навантаженні імпульси напруг досягають 60 кВ. Вибраний снаббер ($R_S = 150$ Ом, $C_S = 0,3$ мкФ) дає можливість зменшити імпульс напруги до 1,1 кВ.

УДК 621.3

**УКРАЇНСЬКА ЕНЕРГЕТИКА З ПОЗИЦІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО
СУСПІЛЬСТВА**

Скрипник А.В., доктор економічних наук, професор, **Нам'ясенко Ю.О.,
Сабіщенко О.В.**

Вища школа бізнесу в Домброві Гурнічій, Польща

На цей час світова спільнота переживає стрімку зміну пріоритетів людського розвитку. Для розвинутих країн світу вже вирішені питання

матеріального стану значної частки суспільства, однак питання стану довкілля та стохастичний екстерналій (техногенних катастроф) від діяльності головного світового забруднювача – енергетичного сектору залишаються надзвичайно актуальними. Ці ж питання надзвичайно актуальні для України, з невеликою різницею – значна частка населення за міжнародними стандартами живе за межею бідності. Однак це не означає, що Україна внаслідок недалекоглядної стратегії та важкого економічного становищу має право створювати все більш небезпечну екологічну ситуацію, як для власного населення так і для населення сусідніх країн. Тому метою представленої роботи є аналіз стану головних галузей української енергетики: гідро, ядерної, теплової та перспектив розвитку оновлює мої енергетики, яка відповідно Енергетичної стратегії 2035 повинна вже до 2020 року забезпечити 11% від національного енергоспоживання.

Аналіз стану енергетики почнемо з гідроенергетики. На цей час вже існує всеосяжна інформація відносно ефективності окремих енергетичних галузей відносно критерію площ, які втрачається для отримання за рік одиниці енергії (рис. 1), критерію вартості встановлення потужності та критерію дисконтної вартості одиниці виробленої енергії за час амортизації обладнання [1].

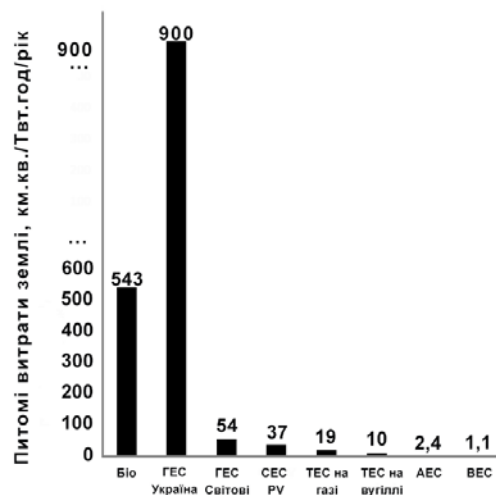


Рис. 1. Площа, що використовується для виробництва 1Твт.год/рік різними типами генерації.

Виявляється, що українська гідроенергетика в 17 разів неефективніша за критерієм площ відносно усереднених світових показників і це пов'язано з тим, що сучасні ГЕС будуються в гірських регіонах, тоді як каскад дніпровських ГЕС побудований на рівнинній місцевості. В деяких випадках статистика відносить гідроенергетику до відновлювальної енергетики, для України – це неприпустимо, в першу чергу, тому що створення української гідроенергетики вже завдала

непоправної екологічної, економічної, соціальної, історичної і культурологічної шкоди, яка внаслідок швидко мінливих зовнішніх умов (клімат, торгівля, зовнішні загрози) збільшується з кожним роком. Що стосується ядерної енергетики, то на цей час відношення до її перспектив суттєво погіршилось. Однак в енергетичній стратегії їй відводиться значна роль в енергопостачанні у 2035 році. При цьому за межами дослідження залишаються питання безпеки використання 15 ядерних реакторів, які до 2035 року повинні бути зупинені після двократного продовження (до 50 років) граничного терміну експлуатації. Використання застарілих реакторів збільшує ймовірність інцидентів, причому як показують розрахунки світової статистики на ядерних об'єктах, ймовірність інцидентів типу Чорнобиль – 1996, або Фукусіми – 2011 складає 50% в найближчі 40–50 років [2]. В цих умовах важко очікувати, що знайдеться інвестор для подальшого існування української ядерної енергетики.

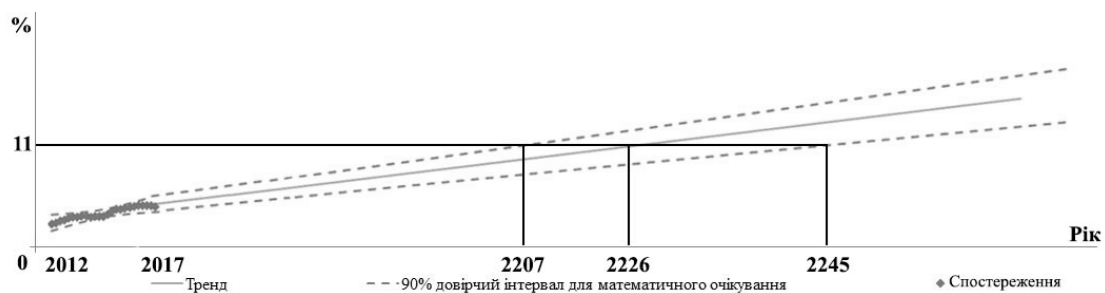


Рис. 2. Прогноз досягнення проміжних цілей Енергетичної стратегії відносно розвитку відновлюваної енергетики.

Розглядаючи питання відновлюваної енергетики слід підкреслити, що проміжні цілі Енергетичної стратегії (11% споживання у 2020) році не є досяжними (рис. 2). З наведених даних слідує, що 11% споживання при існуючих темпах зростання слід очікувати через 206 років після визначеного терміну.

Нами проаналізовано можливі варіанти прийняття рішень в сфері національної енергетики. Важко спрогнозувати розвиток подій на достатньо тривалий проміжок часу (до 2035 року), однак, надзвичайно складна ситуація в вітчизняній енергетиці, дозволяє зробити висновки про необхідність прийняття невідкладних рішень, які в змозі загальмувати негативні тенденції традиційної вітчизняної енергетики та ініціювати розвиток відновлювальної енергетики, що відповідає обіцянкам наданим Європейської енергетичної спільноті.

Всі три галузі української енергетики, що створені в часи планової економіки (гідро, ядерна, тепла) не відповідають діючим вимогам інформаційного суспільства за критерієм енергоефективності, енергонезалежності, нормативним викидам, ймовірності техногенних катастроф.

Виходом з ситуації є опора на інвестиційний потенціал населення і бізнесу (внутрішній інвестор) та залучення зовнішнього інвестору. Для цього необхідно відмінити верхню межу встановленої потужності для користування зеленим тарифом та суттєво збільшити рівень оподаткування викидів в повітря для теплоенергетики. Крім того, потрібно прояснити ситуацію з ПДВ для імпортного обладнання ТЕС, що використовують газ, оскільки сучасні ТЕС мають суттєві екологічні переваги відносно діючих в Україні – їх можна віднести до екологічно чистого обладнання, за яке не сплачується ввізне ПДВ.

Зелений тариф, як обіцяно в Енергетичній стратегії, повинен бути збережений до 2035 року, однак, це не означає незмінність тарифу за електроенергію для населення, він повинен зростати, тому що все суспільство повинно нести тягар за покращення стану зовнішнього середовища.

Перелік посилань

1. Енергетичний сектор України: крах чи виживання. Проблеми економіки. №1. 2018. С. 25–41.

2. Wheatley S., Sovacod B., Sornette D. Of disaster and Dragon Kings: A statistical analyses of nuclear power incidents and accidents <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27002746>.

УДК 619:615.12:006.44

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Соломко Н.О., Олешко М.І.

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний коледж», м. Ніжин

Враховуючи необхідність застосування поновлюваних джерел енергії, особливо на фермерських господарствах, що дає ряд переваг, одним із способів вирішення проблеми є застосування гідроударних установок для виробництва теплової і електричної енергії. При цьому використовується енергія гідроудару, що виділяється при певній конструкції трубопроводів, проблеми забезпечення енергоресурсами вирішуються застосуванням альтернативних джерел. Особливо це актуально на фермерських господарствах, враховуючи специфіку, в тому числі, і можливу віддаленість від лінії постачання електроенергії.

Гідравлічний удар був вперше досліджений на початку 20 століття М.Є. Жуковським як явище, що зв'язане з сильним підвищенням тиску при швидкому гальмуванні або прискоренням потоку рідини, в результаті чого можливий розрив гідросистеми. Якщо потік рідини зменшує швидкість свого руху перед звуженням гідросистеми, наприклад, в результаті проходження вузького перерізу відкритого відбивного клапана гідро-

тарану, то, згідно рівняння Бернуллі, у вузькому перерізі клапана статичний тиск рідини зменшується, і навпаки перед ним статичний тиск її збільшується. В результаті такого перепаду тиску відбивний клапан закривається і виникає гідроудар з утворенням ударної хвилі високого тиску, і розповсюджується у рідині зі швидкістю звуку (для води $C = 1400$ м/с). Крім того, при невеликій кількості витраченої води (приблизно $0,05$ м³/с) гідроагрегати з турбіною Пелтона виробляють до 100 кВт електроенергії.

Гідрогенератор електростанції повинен працювати при великих напорах і малих витратах води. Цим умовам задовольняють гідроагрегати з ковшовими турбінами Пелтона або Турго. Такі гідроагрегати виробляються в Великобританії, Чехії, і Росії. Вибір агрегату здійснюється за спеціальним графіком фірм-виробників. Також вказані головні параметри: електрична потужність, напір і витрати води для турбіни. В якості електрогенератора використовують асинхронний двигун відповідної потужності.

Малі габарити гідроударних електростанцій дозволяють використовувати їх безпосередньо в місцях споживання електроенергії, тобто у фермерських господарствах і на окремих філіях їх, це виключає втрати електроенергії при споживанні її і не впливає на навколишнє середовище. При виробництві сільгосппродукції недопустимі скачки напруги при зміні навантаження, що може привести до виходу обладнання із експлуатації.

При цьому системи генерації електроенергії і тепла розділені, але приводяться в дію одним модифікованим гідро-тараном. Невелика потужність (до 100 кВт) знижує вартість гідроударного енергетичного модуля (ГЕМ). Гідроагрегат електростанції може бути виготовлений із простих і легкодоступних матеріалів. У запропонованому проекті ГЕМ не використовуються дорогі матеріали що дозволяє його без ускладнень реалізувати.

Переваги: використання поновлювальної енергії – води; відсутність затрат при виробництві і транспортуванні енергії; екологічна частота виробництва.

Гідроудар і кавітація води має перспективи ширше застосовуватись останнім часом для виробництва електроенергії і тепла.

Перелік посилань

1. Нефедов Ю.И. Тепло и электричество без потребления энергии от внешних источников. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. 2016. № 10. С. 2–6.

2. Нефедов Ю.И. Давление гидравлического удара – альтернатива напора воды гидроэлектростанций. Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. 2016. № 11. С. 8–15.

УДК 330.4+519.22

**СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ
ЗАДАЧ З МЕТОЮ ЕКОНОМІЇ РЕСУРСІВ**

Степахно І.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент,

Гнучій Ю.Б., доктор фізико-математичних наук, професор,

Дюженкова О.Ю., кандидат фізико-математичних наук, доцент

(stir@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

У роботі розглянуто метод багатовимірної статистичної аналізу та поняття ідентифікації математико-статистичної моделі, розраховано коефіцієнти впливу параметрів моделі на обумовлені значення маневрених та економічних характеристик складної технічної системи. Для обробки вхідної інформації основним інструментом запропоновано апарат теорії випадкових матриць. Проблеми побудови математичних моделей в сучасних умовах при використанні дуже великої кількості параметрів вимагають розробки таких підходів, які дають змогу врахувати всі необхідні ситуації життєвих циклів, не спотворюючи реального функціонування багаторівневих систем і не втрачаючи при цьому важливої вхідної інформації.

Розробка статистичних методів дуже часто вимагає отримання об'єктивної інформації для вибору способу прогнозування ситуації. Постає завдання: показати переваги використання деяких імовірнісних підходів на прикладі складної технічної системи. Теоретико-ймовірнісний підхід до вирішення прикладних завдань, в яких кількість параметрів велике, розглядався в роботах Гірко В.Л. [1, 2].

При створенні математичних (або імітаційних) моделей складних технічних, інформаційних та інших систем дуже часто конструюється можливість управління (прогнозування) поведінкою системи шляхом впливу на її основні, «вузлові» показники. Оскільки на практиці вхідні дані подаються зі спотвореннями, що мають імовірнісний характер, то доводиться займатися дослідженням оцінювання поведінки деяких функцій від таких «вузлових» характеристик, але вже в наступній побудові. Нехай $X_i, i = \overline{1, s}$ – незалежні спостереження над випадковою матрицею $A + \Xi$, де $A = (a_{ij})$ – дійсна матриця, $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \Xi = (\xi_{ij})$ – випадкова матриця тієї самої розмірності.

Позначимо через λ_k сингулярні власні числа матриці A , а через $\hat{\lambda}_k$ – сингулярні власні числа матриці $\hat{A} = s^{-1} \cdot \sum_{i=1}^s X_i$. Очевидно, що якщо елементи матриці Ξ незалежні, мають нульові середні та дисперсії $s^{-1}\sigma^2$, то елементи матриці $\hat{A}$ також незалежні та мають дисперсії $s^{-2}\sigma^2$.

Вважатимемо, що числа m, n, σ^2, s залежні та задовольняють наступні умови:

$$\overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} \sigma^2 s^{-1} n < \infty, \quad \overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} \sigma^2 s^{-1} m < \infty, \quad \overline{\lim}_{m \rightarrow \infty} mn^{-1} < 1, \quad \underline{\lim}_{m \rightarrow \infty} mn^{-1} > 0. \quad (1)$$

Нехай

$$\hat{\lambda}_k(A) \leq C < \infty, \quad C = \text{const}, \quad k = 1, 2, \dots, \quad \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m. \quad (2)$$

Вираз $(-Iz + \hat{A}'\hat{A})^{-1}$ називається резольвентою матриці $\hat{A}'\hat{A}$, яка є матрицею Грама. Для цієї матриці доведена наступна теорема.

Теорема. Нехай виконуються умови (1), (2), причому випадкові елементи ξ_{ij} матриці Ξ для кожного n – незалежні, $M\xi_{ij} = 0$, $D\xi_{ij} = s^{-1}\sigma^2$. Тоді

$$\text{plim}_{m \rightarrow \infty} m^{-1} s P \left[(-Iz + \hat{A}'\hat{A})^{-1} - M(-Iz + \hat{A}'\hat{A})^{-1} \right] = 0.$$

Доведення цієї теореми ґрунтується на стандартних формулах збурень для резольвент матриць [1].

Використовуючи апарат багатовимірної статистичного аналізу, в тому числі і метод головних компонент, можна встановити, які коефіцієнти більшою мірою впливають на певну характеристику і яким чином – в сторону збільшення або зменшення. При цьому коефіцієнти впливу дозволяють спростити і прискорити процес ідентифікації. Дійсно, для точної ідентифікації параметрів математичної моделі доводиться витрачати значні часові та матеріальні ресурси. До них відноситься постановка самих випробувань і подальша обробка їх результатів. Можливо, така обробка покаже необхідність нових випробувань з повторенням всього технологічного процесу. Якщо ж ми будемо знати, що конкретний параметр моделі слабо впливає на дану маневрену характеристику, то не будемо уточнювати його кожного разу, скоротивши тим самим процес "підгонки". Всі коефіцієнти впливу збирають в таблицю – матрицю розмірності. Однак внаслідок того, що в більшості випадків елементи матриці відомі з деякими випадковими помилками, часто замість матриці ми розглядаємо спостереження над матрицею, тобто реалізації незалежних випадкових матриць. У проведених дослідженнях оцінки параметрів визначалися, виходячи з власних значень і власних векторів кореляційної матриці, розрахованої за вихідними даними.

Перелік посилань

1. Гирко В.Л., Степахно И.В. G-оценка сингулярных собственных чисел матриц. Доклады АН УССР. 1990. №8, серия А. С. 14–17.
2. Girko V.L. Theory of Linear Algebraic Equations with Random Coefficients. New York. 1996. 320 p.

ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННА СИСТЕМА БЕЗТРАНСМІСІЙНОГО ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА З КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ

Трегуб М.І., кандидат технічних наук, доцент, Василенко О.С.

(tregyb.m.i@gmail.com)

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква

Актуальність. Максимального коефіцієнта потужності вітрової турбіни (ВТ) можна досягти [1] лише за оптимальної кутової швидкості обертання, що відповідає певній швидкості вітру. Тобто алгоритм обертального руху ВТ необхідно будувати на принципі реалізації оптимізаційної залежності електромагнітного моменту від миттєвої швидкості вітру. Було запропоновано [2] електромехатронну систему каскадного типу із внутрішнім джерелом живлення магнітно незалежних електромагнітних модулів статора у коригувальному режимі.

Результати роботи. Схема бездавачевого електромехатронного перетворювача із встановленими на дуговому статорі магнітоелектричним і електромагнітним модулями та кільцевим ротором (рис. 1).

Статор такої електричної машини виконаний модулями двох типів: магнітоелектричного 1 і електромагнітного 2, поздовжні осі магнітних потоків яких відповідно d_m і d_e , а на роторі встановлені феромагнітні елементи 3, які мають осі максимальної провідності d_p . Напрямы обертання з кутовою швидкістю Ω , а також напрями дії вітроприводного моменту M_p , електромагнітних моментів магнітоелектричного модуля M_{e1} в режимі генератора і електромагнітного модуля M_{e2} в коригувальному режимі. Функціональна взаємодія модулів цих типів забезпечується за допомогою мікроконтролера МК із врахуванням інформативного параметру $f(V_B)$ миттєвої швидкості вітру. Тобто за принципом функціонування і взаємодії таких модулів через мікроконтролер така електромехатронна система буде індукторно-реактивного типу.

Математична модель електромехатронного перетворювача із керованою компонентою електромагнітного моменту описуватиметься системою рівнянь:

$$\begin{cases} M_p = P / \Omega = 0,0625\pi D^3 \rho C_p \lambda^{-1} V_B^2 \\ M_{e2} = -0,5 I d\psi / d\theta \\ M_{e1} = 0,5 I^2 w^2 d\Lambda / d\theta \\ M_p - J d\Omega / dt = M_{e1} \pm M_{e2} \end{cases} \quad (1)$$

де M_p – механічний вітроприводний момент ВТ, виражений через параметри аеромеханічної системи: ρ – густина повітря, кг/м^3 ; D – діаметр

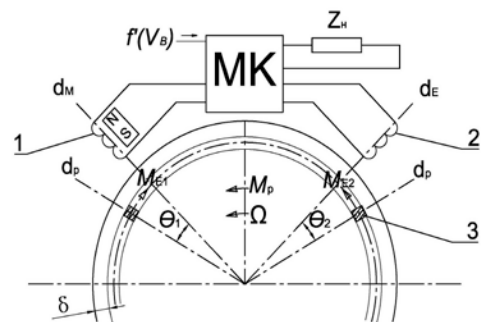


Рис. 1. Узагальнена модель бездавачевого індукторно-реактивного електромехатронного перетворювача.

ВТ, C_p – коефіцієнт потужності, λ – швидкохідність ВТ, $V_{\text{в}}$ – швидкість вітру.

Висновки. Математична модель відображає фізичний процес підтримання балансу моментів регулюванням струму навантаження у якірній обмотці магнітоелектричного модуля в режимі генератора і зміною моменту в електромагнітному модулі в режимі коригування обертів.

Технічна можливість коригувального електромагнітного моменту дозволяє також використовувати енергію, накопичену при роботі магнітоелектричного модуля, для створення струмом обмотки електромагнітного модуля короточасного приводного моменту активного пуску ВЕУ.

Перелік посилань

1. Echenique E.; Dixon J.; and All; “Sensorless Control for a Switched Reluctance Wind Generator, Based on Current Slopes and Neural Networks”, IEEE, Transactions on Industrial Electronics. Vol. 56. Page(s): 817–825. 2009

2. Пат. №110835 UA, МПК (2006.01) H02K 19/20, 16/04, 21/38 Спосіб каскадного перетворення механічної енергії в електричну. Трегуб М.І. № а 2013 15053; заявл. 23.12.2013; опубл. 25.02.2016. Бюл. №4.

УДК 681.511;681.527

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ПТАШНИКА

Троханяк В.І., кандидат технічних наук (trohaniak.v@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Початком розробки ANFIS моделі, залежності зовнішньої температури повітря від витрат повітря необхідного для забезпечення нормованого мікроклімату пташника та витрат води для охолодження припливного повітря розпочнемо з завантаження даних експерименту [1, 2] в редактор моделі. Поверхню відгуку мережі зображує при коливаннях температури зовнішнього повітря в межах від +23 до +40 °С та витрат води необхідної для охолодження припливного повітря в пташнику від 2 до 108 м³/год. Навчена ANFIS забезпечує необхідну точність визначення коефіцієнта витрат води та може використовуватись для керування електротехнічним комплексом системи мікроклімату пташника. Таким чином вдосконалено енергоефективну систему мікроклімату у птахівничих приміщеннях використовуючи низькопотенціальну енергію води підземних свердловин.

Перелік посилань

1. Горобець В.Г., Троханяк В.І., Антипов Є.О., Богдан Ю.О. Адаптивний енергоефективний алгоритм управління для перетворювачів

частоти циркуляційного насоса системи мікроклімату пташника [Електронний ресурс]. Енергетика і автоматика. 2107. Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2017_1_12.

2. Горобець В.Г., Троханяк В.І., Антипов Є.О., Богдан Ю.О. Розробка нейро інформаційної системи керування електротехнічним комплексом пташника [Електронний ресурс]. Енергетика і автоматика. 2107. Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2017_1_3.

УДК 621.3: 631.53.027.33

ВИКОРИСТАННЯ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ В ЗЕРНОВІЙ ГАЛУЗІ

Усенко С.М., кандидат технічних наук, доцент (trohaniak.v@gmail.com)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Досліджуючи зернову масу під дією електричного поля високої напруженості, встановлено виникнення часткових розрядів, що супроводжуються іонізаційними процесами в повітряних проміжках зернової маси. Результатом іонізаційних процесів є утворення озону, який відомий своїми бактерицидними властивостями.

На основі встановлених явищ розроблено способи обробки зернової маса в електричному полі високої напруженості (рисунок) [1, 2, 4].

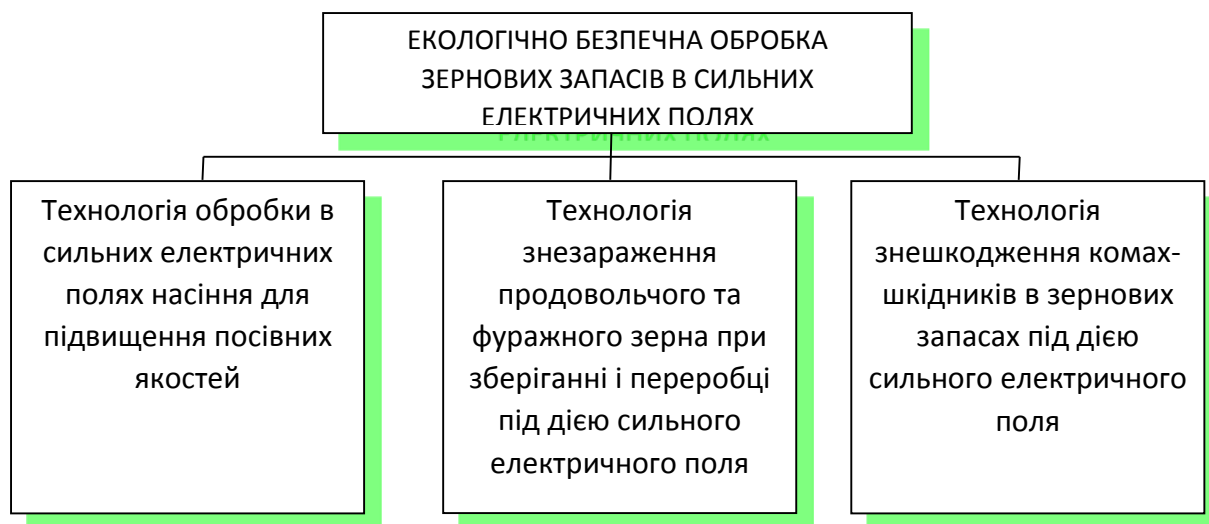


Рис. Напрямки використання сильних електричних полів в зерновій галузі.

Для обґрунтування механізму стимуляції біологічних процесів у зерні було розглянуто окрему насінину під дією електричного поля високої напруженості постійного струму. Була висунута і теоретично обґрунтована гіпотеза про зміну концентрації іонів у міжклітинній рідині і відповідно трансмембранного потенціалу клітин в результаті проходження струму

провідності під дією електричного поля високої напруженості [1, 3, 4]. Результатом чого є вихід зернини із стану спокою, що забезпечить їй при висіві значно активніший процес проростання і подальшого росту. Крім того в об'ємі насінневої маси утворюється озон, який знешкоджує шкідливу мікрофлору на поверхні насінин і забезпечує зменшення захворюваності проростків. Таким чином, розроблений спосіб передпосівної обробки зернових базується на двох групах факторів: перший – вплив на фізичні процеси безпосередньо в зернині, що призводить до біологічного стимулювання; другий – вплив на мікроорганізми, які знаходяться на поверхні зерна, з метою знешкодження їхньої згубної діяльності. У результаті проведених досліджень встановлено, що обробка насінневого матеріалу в електричному полі високої напруженості постійного струму дозволяє підвищити врожайність сої на 27...34 %, ячменю – на 18...40 %, пшениці – на 17...35 %.

При вирішенні задачі знезараження зерна, що може використовуватись при його зберіганні та в харчовій і переробній галузях, непотрібно забезпечувати стимулюючу дію на зерно, що відбувається при постійному струмі. Ефективність знезараження в цьому випадку залежить в першу чергу від концентрації озону. Встановлено, що інтенсивність розрядних процесів, а відповідно і концентрація озону буде більшою при застосуванні електричного поля змінної напруги. У результаті проведених експериментальних досліджень щодо впливу способу обробки на мікрофлору озимої пшениці було встановлено: зменшення зернівок заселених збудниками *Alternaria alternata* Keis на 43 % відносно до контролю; *Alternaria tenuissima* (Kunze ex Nees et T.Nees: Fries) Wiltshire – на 59 %; *Bipolaris sorokiniana* shoemaker – на 70 %. Серед збудників роду *Fusarium*: кількість зернин, заражених *Fusarium sporotrichiella* Bilai зменшилась на 80 %; *Fusarium graminearum* Schw – на 80 %, *Fusarium culmorum* (W. C. Sm.) Sacc – на 64 %; *Fusarium oxysporum* Shlech – на 80 % і *Fusarium moniliforme* Sheld на 85 %.

Таким чином встановлено, що обробка зернової маси в сильному електричному полі дозволяє підвищити врожайність різних зернових культур до 40 % та знешкодити до 85 % шкідливої мікрофлори на поверхні зернин.

Перелік посилань

1. Берека О.М. Дія сильних електричних полів на насіння сільськогосподарських культур. Електрифікація та автоматизація сільського господарства. 2009. № 1 (20). С. 23–29.
2. Берека О.М., Червінський Л.С., Усенко С.М. Установка для обробки насіння в електричному полі високої напруги. Наука та інновація: зб. заверш. наук. та іннов. розробок НУБіП України. 2010. Вип. 1(7). С. 21.
3. Берека О.М. Сильні електричні поля в зерновій галузі рослинництва: монографія. Київ. ВЦ НУБіП України. 2011. 400 с.

4. Берека О.М. Обробка насіння сільськогосподарських культур в електричному полі високої напруги: дис. доктора технічних наук: 05.09.03 / Берека Олег Миколайович. Київ. 2010. 322 с.

УДК 538.9:536.6

**РОЗРОБЛЕННЯ ТИПОРЯДУ ПОЛІМЕРНИХ
ВИСОКОТЕПЛОПРОВІДНИХ МІКРО-І НАНОКОМПОЗИТІВ
ДЛЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ**

Фіалко Н.М., доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України (nmfialko@ukr.net)

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Дінжос Р.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент (dinzhosrv@gmail.com)

Миколаївський національний університет імені В.О. Сухомлинського, м. Миколаїв

Шеренковський Ю.В., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, **Навродська Р.О.**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, **Меранова Н.О.**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

В роботі наводяться результати досліджень щодо розроблення типоряду полімерних мікро- і нанокомпозитів для теплообмінних поверхонь різного призначення. При цьому розглядаються можливості створення двох модифікацій такого типоряду, а саме, для композиційних матеріалів, отриманих на основі методів, які базуються на змішуванні компонентів у сухому вигляді і у розплаві полімеру. Коефіцієнти теплопровідності матеріалів розробленого типоряду змінюються від 1,0 до 57,5 Вт/(м·К), а максимальна температура їх експлуатації може варіюватися від 390 до 470 К [1, 2].

В роботі можливості створення вказаного типоряду матеріалів розглядалися з використанням матриць з частково кристалічних полімерів – поліетилену, поліпропілену і полікарбонату, і аморфного полімеру – поліметилметакрилату. Як наповнювачі застосовувалися ВНТ, а також мікрочастинки міді або алюмінію. Вміст наповнювачів змінювався від 0,2 до 10%.

Основою для визначення елементів типоряду матеріалів слугували отримані експериментальні залежності $\lambda = f(\omega)$, а також результати досліджень щодо максимальних значень температури їх експлуатації. Стосовно вказаних максимальних температур, то вони пов'язані з температурами плавлення $T_{\text{пс}}$ (склування) композитів умовою $T_{\text{макс}}^{\text{ек}} = T_{\text{пс}} - 20^{\circ}\text{C}$. Температура $T_{\text{пс}}$ в свою чергу визначалася за

температурними залежностями питомої теплоємності матеріалів. Згідно з одержаними експериментальними даними температури плавлення для композитів на основі частково кристалічних полімерів практично співпадають з температурами плавлення відповідних ненаповнених полімерів. Вони становлять для поліетилену 410 К, для поліпропілену – 445 К, і для полікарбонату – 490 К.

На основі результатів виконаних досліджень коефіцієнтів теплопровідності полімерних композитів при температурі 25°C було визначено їх склади, за яких значення λ дорівнювали відповідним заданим величинам для розробленого типоряду матеріалів.

З використанням цих даних та результатів експериментів щодо максимальних температур експлуатації досліджуваних композитів було встановлено їх склади для кожного елементу типоряду. При цьому бралось до уваги те, що в кожному з груп композитів А, В, і С включаються композити, максимальна температура експлуатації яких перевищує задану для даної групи величину $T_{\max}^{\text{ек}}$. Відповідно групу А складали всі досліджувані композити, групу В – композити на основі поліпропілену і полікарбонату, а групу С – композити на основі полікарбонату.

Перелік посилань

1. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Теплофизические свойства полимерных микро- и нанокомпозитов на основе поликарбоната. Промышленная теплотехника. 2015. № 2. С. 12–19.
2. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Зависимость структурообразования от метода получения микро- и нанокомпозитных полимерных материалов. Промышленная теплотехника. 2015. № 3. С. 5–15.

УДК 538.9:536.6

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ І ПОВІТРОГРІЙНИХ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРІВ З ПОЛІМЕРНИХ МІКРО- І НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

Фіалко Н.М., доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, **Навродська Р.О.**, кандидат технічних наук, **Дінжос Р.В.**, кандидат фізико-математичних наук, **Прокопов В.Г.**, доктор технічних наук, професор, **Шевчук С.І.**, кандидат технічних наук, **Меранова Н.О.**, кандидат технічних наук, **Пресіч Г.О.**, кандидат технічних наук, **Гнедаш Г.О.**, кандидат технічних наук (nmfiialko@ukr.net)

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Робота присвячена дослідженню ефективності застосування полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів для теплообмінного устаткування систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів котельних

установок. Розглядаються системи з водогрійними теплоутилізаторами для нагрівання зворотної тепломережної води, з повітрогрійними – для нагрівання дутьового повітря, а також комбіновані теплоутилізаційні системи з водогрійними і повітрогрійними теплоутилізаторами. Особлива увага приділяється зіставленню характеристик теплоутилізаційного устаткування з полімерних мікро- і нанокомпозитів та відповідних традиційних аналогів. Основними показниками для порівняння ефективності теплообмінних поверхонь слугували питома теплопродуктивність Q^* , (теплопродуктивність на одиницю маси теплообмінної поверхні), відносний об'єм V^* і собівартість C^* (об'єм і собівартість поверхні нагрівання на одиницю теплопродуктивності). Вибір полімерного композиту, необхідного для виготовлення того чи іншого елемента теплоутилізаційної установки, здійснюється, по-перше, з умови відповідності діапазону робочих температур даного елемента і крім того необхідні теплопровідні властивості композиту визначаються за значеннями однієї або декількох характеристик теплообмінних апаратів, які в рамках ситуації, що розглядається, вважались визначальними.

В результаті виконаних досліджень щодо оцінки ефективності систем утилізації теплоти за питоною теплопродуктивністю Q^* показано, що для трьох вказаних теплоутилізаторів у разі застосування полімерних мікро- і нанокомпозитів значення Q^* суттєво перевищують відповідні величини для теплоутилізаторів з нержавіючої сталі, що пов'язано з її значно більшою питоною вагою. Наведені дані свідчать про те, що величина Q^* для порівнювальних теплоутилізаторів з полімерних мікро- і нанокомпозитів є найвищою для водогрійних теплоутилізаторів, дещо нижчою для одиночних повітрогрійних та найвищою для повітрогрійних у складі комбінованої теплоутилізаційної системи. Результати аналізу ефективності теплоутилізаторів за рівнем величини відносного об'єму V^* показують, що для всіх розглянутих теплоутилізаторів їхній відносний об'єм V^* зменшується зі зростанням рівня температур $t_{г}^H$ відхідних газів у номінальному режимі. При цьому для водогрійних теплоутилізаторів значення V^* є суттєво чутливішим до зміни температури $t_{г}^H$, ніж для повітрогрійних теплоутилізаторів. Щодо оцінки відносної собівартості теплообмінних поверхонь з полімерних композитів та традиційно застосовуваних аналогів зазначається, що для водогрійних теплоутилізаторів досліджувані теплообмінні поверхні за зростанням їхньої відносної собівартості ранжуються таким чином: гладкотрубні пучки з полімерних нанокомпозитів, пучки біметалевих оребрених труб та плоскоовальних і гладких труб з нержавіючої сталі. Звертає на себе увагу факт суттєво нижчої (більш ніж у 3 рази) собівартості C^* для гладкотрубних пучків з полімерних композитів у порівнянні з пучками з нержавіючої сталі. Стосовно відносної собівартості повітрогрійних теплоутилізаторів з полімерних композитів показано, що вона є дещо

нижчою ніж для водогрійних теплоутилізаторів, насамперед, через меншу компактність останніх і також нижчою (у 5–7 разів), ніж для відповідних аналогів з нержавіючої сталі.

УДК 535.372

**ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІВ $\text{BiPO}_4:\text{Eu}^{3+}$ І $\text{BiPO}_4:\text{Pr}^{3+}$**

Чорній В.П., кандидат фізико-математичних наук (vchornii@gmail.com),

Бойко В.В., кандидат фізико-математичних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Неділько С.Г., доктор фізико-математичних наук, **Теребіленко К.В.**,

кандидат хімічних наук, **Слободяник М.С.**, доктор хімічних наук

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

Проблема раціонального використання енергоресурсів є однією із ключових в сучасному світі. На її вирішення спрямовано значні зусилля як в плані пошуків технологічних рішень, так і проведення наукових досліджень. Одним із напрямків таких досліджень є пошук люмінесцентних матеріалів із інтенсивним червоним свіченням для світлодіодів білого світла. У цій роботі аналізуються люмінесцентні властивості зразків BiPO_4 , легованих іонами Eu^{3+} та Pr^{3+} . Вибір матриці – ортофосфату бісмуту – пов'язаний із простотою легування іонами рідкісноземельних елементів (РЗЕ) та наявністю трьох структурних поліморфів (різне оточення для РЗЕ іонів). Крім того, BiPO_4 як представник класу фосфатів характеризується гарними фізико-хімічними властивостями, а іони європію та празеодиму володіють інтенсивною люмінесценцією в оранжево-червоній спектральній ділянці.

Полікристалічні дрібнодисперсні порошки легованого іонами європію та празеодиму ортофосфату бісмуту одержані методом твердофазного синтезу. Структурні особливості зразків досліджувались методом порошкової рентгенограми з використанням дифрактометра SHIMADZU XRD-6000. Люмінесцентні характеристики було одержано з використанням подвійного монохроматора ДФС-12. Як джерело збудження при записі спектрів фотолюмінесценції використовувався лазер з діодною накачкою ($\lambda_{\text{випр}}=473$ нм). Спектри збудження фотолюмінесценції записано з використанням ксенонової лампи ДКсЭЛ-1000 та призового монохроматора ДМР-4.

Встановлено, що полікристалічні зразки BiPO_4 , легованого іонами Eu^{3+} та Pr^{3+} , виявляють інтенсивну червону люмінесценцію у випадку збудження на довжині хвилі світла 473 нм та при кімнатній температурі. Всі лінії випромінювання пов'язані із переходами в оболонках РЗЕ іонів в

той час як свічення матриці відсутнє. Аналіз люмінесцентних властивостей легованого європієм та празеодимом BiPO_4 дозволяє стверджувати, що досліджувані матеріали є перспективними червоними люмінофорами, зокрема, для агробіологічних застосувань.

УДК 535.372

**КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ МІКРОКРИСТАЛІЧНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ
ТА ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ОКСИДІВ: ВЛАСТИВОСТІ І
ЗАСТОСУВАННЯ**

Чорній В.П., кандидат фізико-математичних наук (vchornii@gmail.com),
Бойко В.В., кандидат фізико-математичних наук
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Неділько С.Г., доктор фізико-математичних наук, **Щербацький В.П.**
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

Створення новітніх композиційних матеріалів на основі полімерів та неорганічних матеріалів є одним із важливих напрямків сучасного матеріалознавства.

При розгляді таких композитів зазвичай говорять про полімерну матрицю та наповнювач, а їх вибір диктується необхідними фізичними характеристиками.

Серед полімерних матриць особливе місце займає целюлоза – найбільш поширений природний полімер.

Щодо неорганічного наповнювача, то тут обрано оксидні матеріали, які є люмінесцентно-активними.

Виготовлені методом холодного пресування композиційні зразки, де матрицею і мікрокристалічна целюлоза (МКЦ), а наповнювачем – сполуки складних оксидів AgNO_3 , $\text{LaVO}_4:\text{Sm}, \text{Eu}$ та $\text{K}_2\text{Bi}(\text{PO}_4)(\text{MoO}_4):\text{Eu}$, характеризуються інтенсивною фотолюмінесценцією у видимому світлі, спектр якої складається із широкої смуги свічення целюлози та набору вузьких ліній, обумовлених випромінюванням іонів рідкісноземельних елементів (РЗЕ) європію, Eu^{3+} та самарію, Sm^{3+} .

Результати досліджень є основою для подальших розробок на основі досліджених целюлозно-оксидно-вуглецевих гібридних композитів люмінесцентних конвертерів фіолетового та синього світла комерційних світлодіодів і створення, тим самим, на їх основі світлодіодів «білого» випромінювання.

АСИНХРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ

Чуєнко Р.М., кандидат технічних наук, доцент (roman_chuenko@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ

У техніці відомі електромашинні асинхронні перетворювачі частоти (АПЧ) змінного струму (зазвичай трифазні) з приводом на валу ротора від зовнішнього приводного двигуна, який обертається із заданою швидкістю.

До використання пропонується трифазний одномашинний, безконтактний АПЧ із подвійним внутрішнім ємнісним збудженням від ємностей C_{Δ} і C_K у вихідній додатковій обмотці автотрансформатора (АТ) та із зовнішньою ємністю C на виході АПЧ.

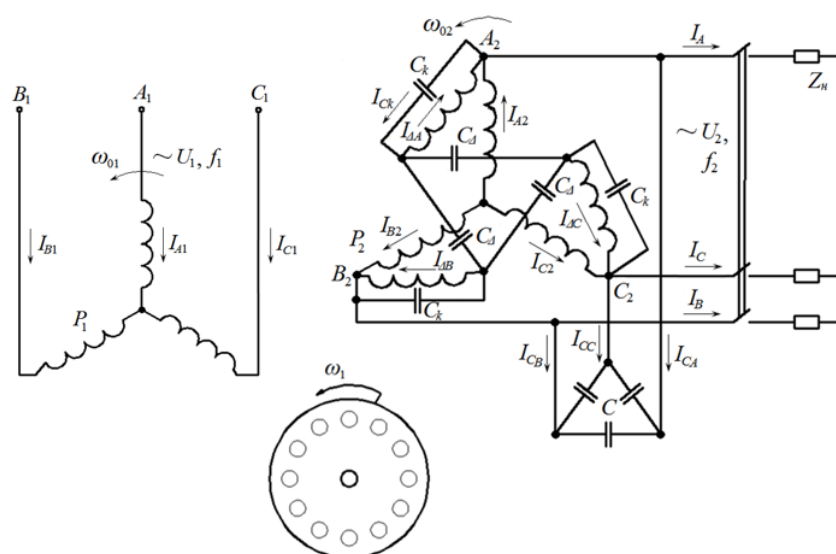


Рис. 1. Принципова електрична схема асинхронного перетворювача частоти із внутрішньою ємнісною компенсацією реактивної потужності.

Відмінну особливість у пропонованому однаштинному, безконтактному АПЧ має вихідна обмотка його статора із числом пар полюсів p_2 , яка виконана із двох однакових частин, зміщених між собою в пазах осердя на кут $\theta = \frac{90^\circ}{m} = 30^\circ$ при числі фаз $m = 3$, з'єднаних за схемою поворотного АТ і увімкнених на електричну ємність C_Δ . Одна із цих частин прийнята за основну, вихідну обмотку АПЧ із загальною вихідною напругою U_2 перетвореної частоти f_2 . Інша частина, як додаткова вихідна обмотка і вторинна обмотка АТ, зміщена в пазах відносно основної на кут $\theta = 30^\circ$ за напрямом обертання ротора. Додаткова обмотка з напругою $U_\Delta \approx U_2$ за схемою АТ зашунтована додатковою, відносно малою ємністю C_K . На виході АПЧ паралельно споживачу увімкнена батарея конденсаторів ємністю C , яка призначена для зовнішнього збудження АПЧ і компенсації реактивної потужності

навантаження. Внутрішні ємності C_{Δ} і C_K забезпечують внутрішнє, ємнісне збудження АПЧ і його додаткове підмагнічування з ростом навантаження.

При обертанні ротора АПЧ із швидкістю ω_1 , в режимі двигуна у його феромагнітному тілі відбувається ємнісне самозбудження від залишкового магнетизму та ємнісних струмів вихідної обмотки, яке збільшує її магнітне поле до усталеного стану з числом пар полюсів p_2 при обертанні зі швидкістю $\omega_{02} = \frac{\omega_1}{1-s_2}$, індукує у вихідній обмотці ЕРС частоти $f_2 = f_1 \frac{p_2 (1-s_1)}{p_1 (1-s_2)}$ при ковзанні $s_2 < 0$ генераторного режиму вхідної обмотки.

Додаткова обмотка у вторинному колі АТ послідовно з'єднана з ємністю C_{Δ} . Вторинну обмотку АТ шунтують додатковою ємністю C_K . Відповідно зростає і виробіток реактивної потужності послідовною у вторинному колі АТ ємністю C_{Δ} і ємністю C_K , яка шунтує додаткову обмотку. При відносно більшій напрузі $U_{\Delta} \approx U_2$ малої шунтуючої ємності C_K перевага у виробітку реактивної потужності з ростом навантаження АПЧ віддається їй, що запобігає розмагнічуванню АПЧ при навантаженні і зниженню його вихідної напруги і частоти. Подвійне внутрішнє ємнісне збудження АПЧ забезпечує стабілізацію його вихідної напруги і частоти при їх заданих допустимих відхиленнях не більше $\pm 5\%$ при зміні навантаження. Такий АПЧ здатний задовільно працювати навіть за динамічного накиду навантаження співставної із ним потужності.

Перелік посилань

1. Вольдек А.И. Электрические машины. Ленинград. Энергия. 1976. 782 с.

УДК 66.012, 631.8

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАТИВНОГО КУРЯЧОГО
ПОСЛІДУ ТА КОМПОЗИЦІЙ НА ЙОГО ОСНОВІ ПРИ
ВИРОБНИЦТВІ СУХИХ ФОРМОВАНИХ БІОДОБРІВ**

Шеліманова О.В., кандидат технічних наук, доцент (shelemanova@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Кремньов В.О., Ляшенко А.В., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, **Михалевич В.В., Коханенко М.С.**

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Актуальність дослідження обумовлена наявністю значної кількості відходів птахофабрик (до 5 млн. т. в рік [1]), на основі яких можна розгорнути потужне виробництво як сформованих паливних продуктів, так і органічних добрив. Мета дослідження – одержання даних для розробки технології виробництва сухого формованого біодобрива з додаванням

сорбційних добавок методом вологого формування робочих сумішей з подальшим їх висушуванням.

При сухому формуванні за вологості робочої суміші 15–18% температура продукту сягає 80–120 °С, тиск формування – 20–50 МПа [2]. Вологе формування робочих сумішей при дослідженні відбувалося в інтервалі вологості 50÷70%, при цьому тиск формування – 2,45–5,68 МПа.

Таким чином, запропонований спосіб вологого формування органічних відходів птахофабрик дозволяє зменшити енергетичні затрати в середньому до 8 разів в порівнянні з традиційними методами сухого гранулювання.

Перелік посилань

1. Сайт: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Кучинскас З.М., Особов В.И., Релер Ю.Л. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов. Москва. Агропромиздат. 1988. 208 с.

УДК 66.012, 631.8, 662.76

**АПРОБАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СУХОГО ГРАНУЛЯТА З
НАТИВНОГО КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ПРИ СУМІСНОМУ СУШІННІ
ТА ПОДРІБНЕННІ З ПОДАЛЬШИМ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯМ
ДЛЯ ОТРИМАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**
Шеліманова О.В., кандидат технічних наук, доцент (shelemanova@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Кремньов В.О., Ляшенко А.В., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, **Михалевич В.В., Коханенко М.С.**

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

На сьогоднішній день в Україні переробці піддається не більше 5% ресурсоцінних відходів птахівництва [1, 2], тому актуальною є розробка нових технологій переробки їх у біогаз, біодобрива, сухі формовані біодобрива, біопалива, тощо. Мета дослідження – одержання даних, необхідних для розробки технології переробки нативного курячого посліду на генераторний газ з подальшим виробництвом електроенергії.

Запропонований спосіб суміщення процесів сушіння та подрібнення в одній камері дозволяє отримувати сухий гранульований продукт високої якості при мінімальних енергетичних затратах до 4000 кДж/кг випареної вологи.

Проведені дослідження показали, що сировина з додаванням тирси в кількості 10–12% (по масі) придатна до газифікації з усталеним режимом роботи міні електростанції. Середня калорійність проб газу була в межах: $Q_p^H = 1100\text{--}1200$ ккал/нм³.

Перелік посилань

1. Сайт: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Єрмоленко В.О. Біологічно активні добрива (технологія виробництва). Київ. Науково-виробничий центр СТ «Вибір». 2002. 151 с.

УДК 519.857

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

Щепотьєв О.І., кандидат технічних наук, професор
(schepotyev@nubip.edu.ua), **Васюк В.В.**, кандидат технічних наук, старший
викладач (vasyuk@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Задачі розподілу пов'язані з розподілом ресурсів по роботах, які необхідно виконати. Задачі такого типу виникають тоді, коли наявних ресурсів недостатньо для виконання кожної роботи найбільш ефективним чином. Наприклад, необхідно розподілити обмежену ємкість пам'яті накопичувача інформації за всіма етапами руху транспортного засобу, коли наявний час запису інформації T накопичувача інформації менший, ніж тривалість руху транспортного засобу t .

Тому метою рішення задач такого типу є знаходження такого розподілу ресурсів по роботах, при якому або мінімізуються загальні витрати, які пов'язані з виконанням робіт, або максимізується загальний дохід, отриманий в результаті виконання комплексу робіт.

Задача оптимального розподілу пам'яті накопичувача інформації по етапах функціонування транспортного засобу з метою отримання максимуму цінності інформації, що реєструється, формулюється наступним чином:

Максимізувати

$$\sum_{i=1}^S R_i [N(T_i)] = \sum_{i=1}^S \sum_{N(t_i)} \mu_i \left[\frac{N(t_i)}{N(T_i)} \right] p_i(t_i) \quad (1)$$

при обмеженнях $\sum_{i=1}^S N(T_i); N(T_i) = 0, 1, \dots$ при будь-якому значенні i ;

$$N(T_i) = 0; \sum_{i=1}^S N(t_i) = N_{\Pi}; N(t_i) = 0, 1, \dots \text{ при будь-якому значенні } i;$$

$$N_{\Pi} \leq N_{\Pi},$$

де N_{Π}, N_{Π} – наявний і потрібний запаси комірок пам'яті; $t_i, N(t_i)$ – тривалість i -го етапу функціонування і потрібне для реєстрації кількість комірок пам'яті накопичувача інформації; $T_i, N(T_i)$ – тривалість запису інформації на i -му етапі функціонування і кількість елементів пам'яті

накопичувача інформації що витрачається при цьому; $\mu_i \left[\frac{N(t_i)}{N(T_i)} \right]$ – величина цінності інформації i -го етапу в разі, коли потрібно $N(t_i)$ комірок пам'яті накопичувача, а виділяється $N(T_i)$ комірок; s – кількість етапів функціонування; $p_i(t_i)$ – ймовірність того, що тривалість i -го етапу функціонування дорівнює t_i ; $R_i[N(T_i)]$ – математичне очікування цінності інформації, що записується на i -му етапі за час T_i .

Вирішення цієї багатокрокової задачі може бути отримано за допомогою рекурентного співвідношення динамічного програмування:

$$q_i(n) = \max \{ R_i[N(T_i)] + q_{i-1}[n - N(T_i)] \}, i=1,2,\dots,S, \quad (1)$$

де $n=0,1,\dots,N_n$, а максимізація виконується над множною невід'ємних цілочисельних значень $N(T_i)$, що задовільняють умову $N(T_i) \leq n$.

Оптимальне значення $\sum_{i=1}^S R_i[N(T_i)]$ визначається величиною $q_s(N_n)$.

Процес моделювання розглядається в інтервалах $n[0, N_n]$ та $i[1, S]$. Це означає, що процес моделювання пам'яті накопичувача інформації по етапам функціонування системи вважається закінченим, якщо $n = N_n$ та $i = S$. В якості результатів отримуємо величини $q_i(n)$ і відповідні їм значення $N(T_i)$.

В результаті моделювання можуть бути отримані залежності, що виражають оптимальний розподіл пам'яті накопичувача інформації, що застосовується в автоматизированой системі управління, при всіх можливих етапах її функціонування. Наведений розподіл пам'яті забезпечує отримання максимуму цінності реєстрованої інформації. Поряд з цим, забезпечується можливість призначати вимоги до необхідної пам'яті накопичувача інформації.

УДК 519.857

РОЛЬ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ НАВКОЛЬШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ

Драганов Б.Х., доктор технічних наук, професор (vasyuk@nubip.edu.ua)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Поновлювані джерела енергії (ПДЕ) в основному використовують при спорудженні малих енергоекономічних комплексів (МЕК) систем тепло-, водо-, геліо-, і електропостачання.

Одна з причин, що обмежують використання поновлювальних джерел енергії полягає в нестабільності їх роботи. В першу чергу це відноситься до енергії сонячного випромінювання і до енергії вітру. Їм властива низька щільність енергії. Використання теплових акумуляторів і теплонасосних установок вирішують ці технічні питання.

Сонячна енергія є одним з джерел відновлюваної енергії для отримання якої використовують геліоустановки економічний потенціал яких $0,9 \times 10^6$ Т/год.

Загальний потенціал вітрової енергії в Україні має енергетичний потенціал – $1,2 \times 10^6$ Т/год.

Загальний потенціал геотермальної енергії в Україні – 50×10^6 Т/год.

Використання енергії біомаси складає 14% загального споживання енергії.

Це дозволяє вирішити як енергетичну, так і екологічну проблеми.

Активне використання (ПДЕ) дозволяє істотно скоротити викиди шкідливих речовин в атмосферу.

№	Вид первинної енергії (енергоресурсу)	Вид установки	Виробництво електроенергії, кВт×г/м ²	Допустима площа, м ² /кВт×г
1	Вітрова енергія	ВЕС	12	0,083
2	Сонячна енергія	СЕС	30	0,033
3	Органічні відходи	БГУ	100	0,010
4	Органічне паливо	ТЕС	6000	0,000167
5	Збагачений уран	АЕС	15000	0,000067

В даний час найбільше повно вивчено впливу ВЕУ і ВЕС на навколишнє середовище.

Секція 7 «**Біоінженерія та новітні технології для сталого розвитку**
(інженерія, нові матеріали та технології, деревообробні та
меблеві технології, транспортні технології, цивільний
інжиніринг)»

UDK 631.372+631.312

**SCIENTIFIC PRECONDITIONS FOR IMPROVING THE
SUSTAINABILITY OF MOVEMENT OF REAPER UNIT**

Bulgakov V.M., Academician of NAAN

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Nadykto V.T., Doctor of Technical Sciences, Prof.,

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol

Ruzhylo Z.V., Ph.D., Assoc. Prof.,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Ivanovs Semens, Doctor of Technical Sciences, Prof.,

Latvia University of Agriculture, Elgava

Pascuzzi Simone, Doctor of Technical Sciences, Prof.

University of Bari Aldo Moro, Italy

Since in real conditions of functioning on the machine-tractor unit that moving, there are various external factors that have a random nature and can significantly affect its movement, and hence the quality of its agrotechnological process, it is necessary to investigate the influence of these factors, to find conditions that reduce their impact, and ensure the stability of the unit.

Under the stability of the machine-tractor unit, one should understand its movement, in which the deviation of the trajectory created by the machine-tractor unit under the influence of random factors that incite it from the trajectory in the absence of these factors is within acceptable limits. These permissible values may be determined by ensuring the quality of the performed process, reliability, safety, etc.

Taking into account the accepted assumptions, as well as based on the analysis of the types of movements of this machine-tractor unit, generalized coordinates (X_s, φ, β) and on the basis of the original equations of dynamics in the form of the Lagrange of the 2nd kind a system of linear differential equations of the second order was obtained which describes the motion of an asymmetric machine-tractor unit in a horizontal plane.

It is analyzed how some structural and technological factors of this unit affect the amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of the angular angle φ of the wheel aggregating tractor when the frequency variation of the angle β of deviation of the trailer roller reaper in the horizontal plane. First of all, let's consider the speed V_o of the given harvesting machine-tractor unit. Phase-frequency analysis of the mathematical model shows (Fig. 1) that when the frequency of fluctuations in the influence of perturbation increases (the

angle β of rotation of the traction roller reaper), the amplitude-frequency characteristics of the oscillations of the angular angle of the aggregate tractor tend to decrease. Another thing is that at the speeds of the progressive movement of the harvest machine-tractor unit to $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ this manifests itself less intensively than at higher values of the kinematic parameter V_o .

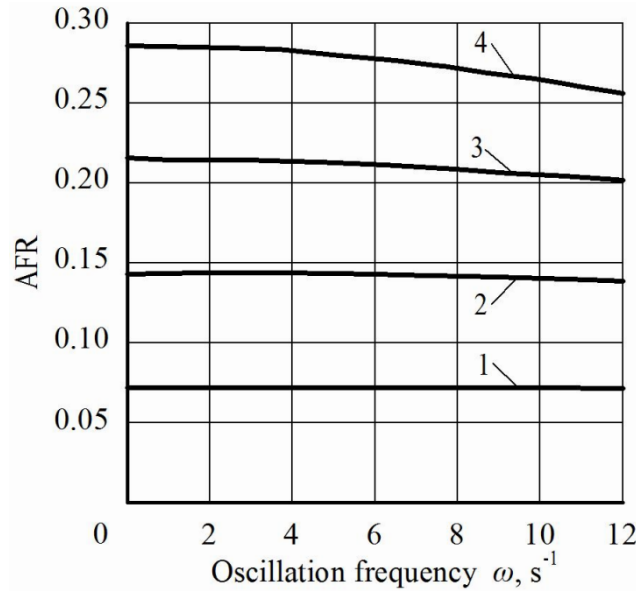


Fig. 1. Amplitude-frequency characteristics of the angular angle φ of the tractor when working out their disturbances in the form of fluctuations of the angle β of turning the reaper at different speeds of the unit: 1 – $V_o = 1.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 2 – $V_o = 2.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 3 – $V_o = 3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; 4 – $V_o = 4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

The analysis of the obtained dependences allows us to conclude that when changing the speed of the harvest machine-tractor unit from 1.0 to $4.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ as the frequency of vibrations of the deviation angle β of the trailer roller reaper increases in the horizontal plane, the amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of the angular angle φ of the aggregate tractor decrease. If such a result is desirable relative to the angle φ oscillation amplitude, then there is no relation to the phase shift. However, the intensity of reducing the delay of the reaction of the aggregate tractor to the controlling influence is not so significant as to be an obstacle to increasing the productivity of the harvesting unit by increasing its speed.

When increasing the traction resistance of the trailer roller reaper, the amplitude-frequency characteristics of the fluctuations of the angular angle φ of the aggregate tractor increase, which is a completely logical result. At the same time, the phase-frequency characteristics of the angle φ in the entire range of the studied frequency of oscillations β when changing the traction resistance of the reaper from 7 to 13 kN differ insignificantly.

As a result of the mathematical modeling, it has been established that the aggregate wheeled tractor of the classical layout in comparison with the aggregate integrated tractor less responsively responds in amplitude and with a slightly greater delay in time for perturbation in the form of a turning angle β of the trailed reaper. The controlling influence of aggregates on the basis of both layout schemes is practically the same.

UDK 631.356.02

SYMMETRIC IMPACT OF VIBRATING DIGGING WORKING TOOL ON SUGAR BEET ROOT

Beloiev Hristo, Kangalov Plamen

“Angel Kanchev” University of Rousse, Bulgaria

Main aim of this study is development of most complex theory of the impact interaction of vibration digging working tool with the body of the sugar beet root fixed in the soil, and on the basis of the results obtained to justify rational kinematic and design parameters of improved vibration digging working tools.

And, since during the impact interaction occurs the breaking of the tail of the sugar beet root or demaging and it is the most likely, which is always the case during the real harvest, especially when the root is in the solid and dry soil. Such case of fixing of the sugar beet root in the soil should be investigated analytically.

To solve this problem, in a first step it is very necessary to develop a force scheme of the impact interaction of a vibrating digging working tool with the body of sugar beet root (Fig.). It is very important to know what happens during collision of the digging working tool with the sugar beet root.

Thus, we finally have a system of three equations of symmetric impact of the vibrating digging working tool with sugar beet root of the following form:

$$\left. \begin{aligned} m(U_x - V_p) &= \frac{2S_{n1} \cdot \operatorname{tg} \gamma}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1 + \operatorname{tg} \beta}} + 2f S_{n1} \cos \psi \cdot \cos \gamma - 2f S_{n1} \sin \psi \cdot \cos \delta \cdot \sin \gamma, \\ m(U_z - V_{df, \max}) &= \frac{2S_{n1} \cdot \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \gamma + 1 + \operatorname{tg}^2 \beta}} + 2f S_{n1} \sin \psi \cdot \sin \delta, \\ U_x \cdot \operatorname{tg} \gamma + U_z \cdot \operatorname{tg} \beta &= -\varepsilon (V_p \cdot \operatorname{tg} \gamma + V_{df, \max} \cdot \operatorname{tg} \beta). \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Further, on the basis of the theory developed, we construct the algorithm for calculating of the permissible frequency ν of vibrations of the vibrating digging working tool in relation to the speed of its forward movement V_p at different depths h when moving in the soil.

We find the value of the maximum speed $V_{df, \max}$ of the vibrational motion of the vibrating digging working tool:

Для механізації збирання коренеплодів цукрових буряків існує широкий спектр бурякозбиральних комбайнів та бурякозбиральних комплексів. Робочі органи для відокремлення гички задовільно виконують технологічний процес при швидкостях менших за робочі швидкості кореневикопувальних робочих органів. При вищих робочих швидкостях підвищення показників якості можливе, але при цьому значно збільшується енергомісткість процесу та втрати цукроносної маси.

Внаслідок аналізу встановлено, що на сучасному етапі при видаленні гички можуть проводитись наступні операції: зріз основної маси гички на коренеплоді, що росте; видалення основної маси гички ударними взаємодіями (дефоліація); подрібнення гички та розподілення її в рядках або міжряддях; транспортування гички у транспортний засіб або на зібране поле; часткове доподрібнення рослинних решток у міжряддях; дообрізання головок коренеплодів з рештками гички, що залишились після зрізу основної маси гички; очищення головок коренеплодів від залишків гички; видалення гички із зони рядків [1, 2].

На сьогодні прослідковується чітка тенденція застосування у переважній більшості машин ведучих світових фірм Holmer, Rora, Kleine та Moreau та ін. безкопінного зрізу гички ротором з горизонтальною віссю обертання та копінного дообрізання головок коренеплодів пасивними ножами.

Оригінальне технічне рішення для відокремлення гички використала фірма Grimme в своєму комбайні Maxtron 620. В ньому гичка зрізується дугоподібними ножами лише над рядками (рис. 1,а). На валу роторного гичкоріза в зоні міжрядь розміщені поліуретанові біла, що на 30 мм. довші за ножі. Подрібнена гичка за допомогою направляючих щитків, що розташовані на кожусі розподіляється в міжряддях і вдавлюється в ґрунт котками (рис. 1,б).

У комбайнів Garford Victor зріз гички відбувається безкопінно активними ножами з вертикальними-шнековими транспортуючими робочими органами, а очищення решток гички на головках коренеплодів проводиться очисниками активного типу із жорсткою параболічною поверхнею.

Фірма Grimme випускає гичкозбиральні машини ВМ 330/300. Технологічний процес відокремлення гички в даній машині проходить у три стадії. початку гичка зрізується роторним гичкорізом з металевими дугоподібними ножами. Ножі розміщені на валу ротора по гвинтовій лінії (рис. 2,а). Наступною операцією є очищення головок коренеплодів від решток незрізаної гички двома валами, що обертаються в протилежних

напрямках. На валах шарнірно закріплені поліуретанові била (рис. 2,б). Гичкорізальний апарат, складається з гребінчастого копіра та активного дискового ножа (рис. 2,в).

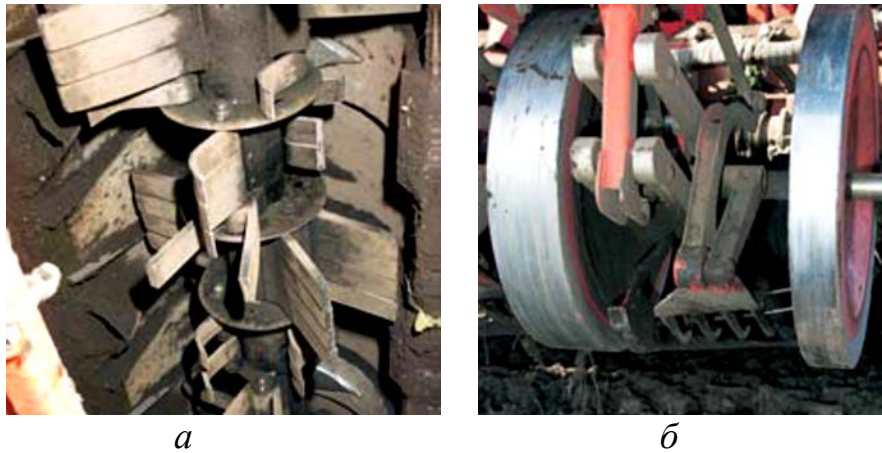


Рис. 1. Робочі органи комбайна Maxtron 620: *а* – робочі органи для відокремлення гички; *б* – котки для вдавлювання подрібненої гички в ґрунт.

Гичкозбиральна машина WIC фірми Amity Technology використовує тривалий оббивач-подрібнювач гички (дефоліатор). Робочі органи виготовлено з гуми високої механічної міцності. Робоча частина бил містить металеві вставки, що збільшує силу удару бил під час їх входження в контакт з гичкою. За рахунок високої інтенсивності дії бил гичка подрібнюється на частки малих розмірів і розпорошується в міжряддях, не чинячи негативного впливу на роботу коренезбиральної машини. Остаточне завершення процесу зрізування гички з коренеплодів здійснюється пасивними ножами обладнані системою копіювання висоти головок коренеплодів.

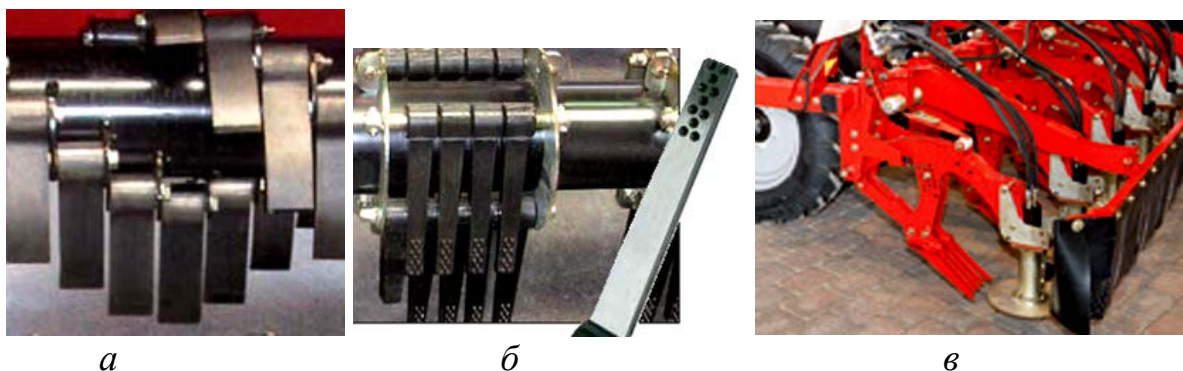


Рис. 1. Робочі органи гичковідокремлювальної машини VM 330: *а* – роторний гичкоріз, *б* – поліуретанові бичі на валах, що зустрічно обертаються, *в* – копірний дообрізчик активного типу.

Тому можна зробити висновок, що на сучасному етапі розвитку гичковідокремлювальної техніки вирішуються проблеми продуктивності та якості процесу відокремлення гички шляхом збільшення кількості

операцій, що є енерговитратним, матеріаломістким та високовартісним шляхом удосконалення технологічного процесу та робочих органів. Відповідно необхідно проводити пошук технічних рішень, які дозволять проводити тільки технологічно необхідні операції з підготовки коренеплодів до збирання. Тому подальші дослідження необхідно проводити у напрямку створення робочого органу який поєднає в собі добре копіювання головок очисниками і низьку енергомісткість зрізальних робочих органів.

Перелік посилань

1. Погорельий Л.В., Татьянако Н.В. Свеклоуборочные машины: История, конструкция, прогноз. Киев. Феникс. 2004. 232 с.
2. Булгаков В.М. Теория бурякозбиральных машин. Київ. Видавничий центр НАУ. 2005. 245 с.

UDK 631.372+631.312

**CALCULATED MATHEMATICAL MODEL OF MOUNTED
ASYMETRIC MACHINE TRACTOR UNIT**

Bulgakov V.M., Academician of NAAN

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Nadykto V.T., Doctor of Technical Sciences, Prof.

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol

Ruzhylo Z.V., Ph.D., Assoc. Prof.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Ivanovs Semens, Doctor of Technical Sciences, Prof.

Latvia University of Agriculture, Elgava

Pascuzzi Simone, Doctor of Technical Sciences, Prof.

University of Bari Aldo Moro, Italy

As a rule, most of the combined machine-tractor units are formed on the basis of classical symmetric schemes, when agricultural machines are frontal installed and rear mounted on aggregate tractors are symmetrical about the longitudinal symmetry axes of the energy means, which ensures the conditions of their steady motion during the performance of certain technological processes. However, in other cases, the technological necessity forces the aggregation of asymmetrically located agricultural machines (especially harvesting) when the tractor has to move along one part of the field, and the machine performing the technological process, along the area of the field, located on the side.

In order to develop the basic provisions of the theory of the plane-parallel motion of an asymmetric machine-tractor unit, an equivalent circuit of the unit (Fig. 1) was constructed.

Thus we see that the effect of a trailer asymmetric machine on an aggregate tractor is expressed only by its traction resistance $\bar{P}_{KR}$ and the angle β of its rotation (deviation) in a horizontal plane.

The differential equations of the plane-parallel motion of a wheeled aggregate tractor are constructed, using for this the initial equations in the form of Lagrange [2].

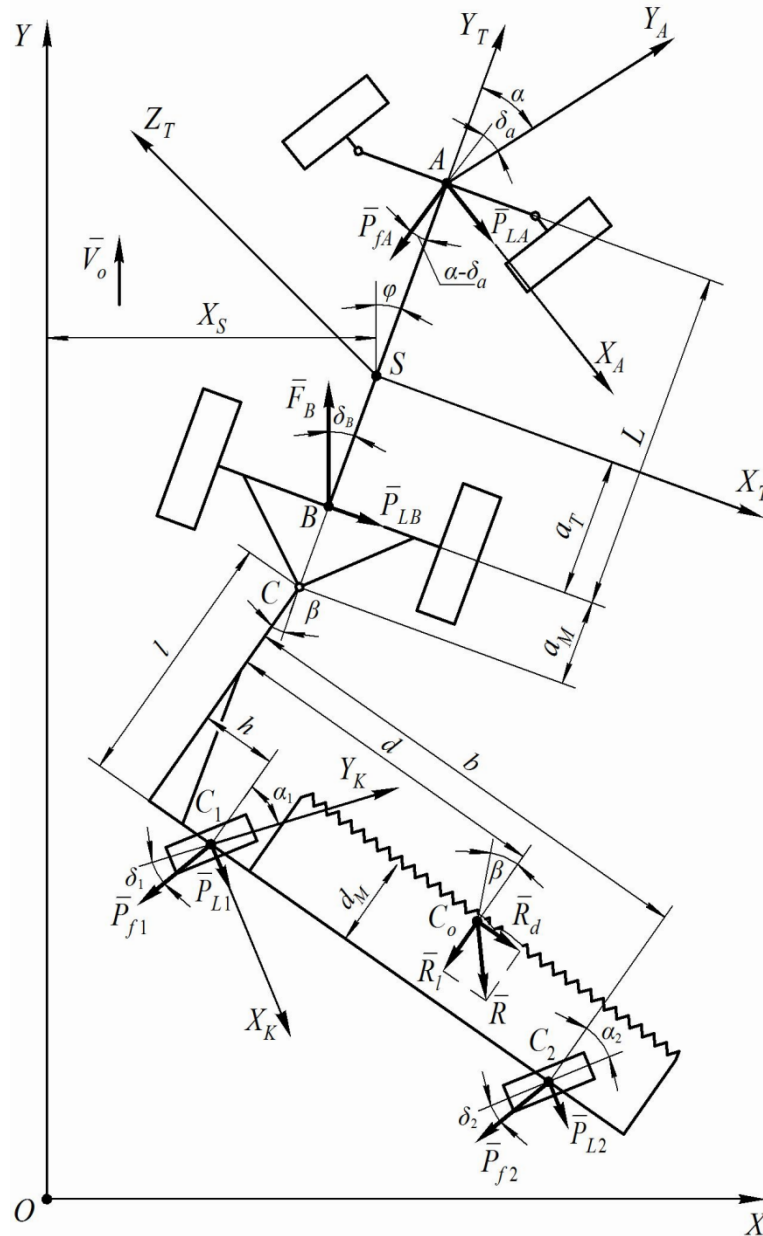


Fig. 1. Equivalent circuit of asymmetric machine-tractor unit.

As a result of their solution, after a series of transformations, a system of linear second-order differential equations describing the motion of an asymmetrical machine-tractor unit in a horizontal plane of the following kind is obtained:

$$\left. \begin{aligned}
A_{11} \cdot \ddot{X}_S + A_{12} \cdot \dot{X}_S + A_{13} \cdot \dot{\varphi} + A_{14} \cdot \varphi + A_{15} \cdot \beta &= f_{11} \cdot \alpha, \\
A_{21} \cdot \ddot{\varphi} + A_{22} \cdot \dot{\varphi} + A_{23} \cdot \varphi + A_{24} \cdot \dot{X}_S + A_{25} \cdot \beta &= f_{21} \cdot \alpha, \\
A_{31} \cdot \ddot{\beta} + A_{32} \cdot \dot{\beta} + A_{33} \cdot \beta + A_{34} \cdot \dot{\varphi} + A_{35} \cdot \varphi + A_{36} \cdot \dot{X}_S &= f_{31},
\end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де $A_{11} = M_T$; $A_{12} = \frac{k_A + k_B + P_{fA} - F_B}{V_o}$;

$$A_{13} = \frac{(k_A + P_{fA}) \cdot (L - a_T) + (F_B - k_B) \cdot a_T}{V_o}; A_{14} = F_B - k_A - k_B - P_{fA}; A_{15} = P_{KR};$$

$$A_{25} = -P_{KR}(a_T + a_M); A_{31} = J_C; f_{11} = k_A;$$

$$A_{21} = J_S;$$

$$A_{22} = \frac{(k_A + P_{fA}) \cdot (L - a_T)^2 + (k_B - F_B) \cdot a_T^2}{V_o}; A_{23} = -A_{13} \cdot V_o; A_{24} = A_{13};$$

$$f_{21} = (L - a_T) \cdot k_A; A_{32} = \frac{l \cdot \left[(k_1 + P_{f1}) \cdot (l^2 + h^2)^{\frac{1}{2}} + (k_2 + P_{f2}) \cdot (l^2 + b^2)^{\frac{1}{2}} \right]}{V_o};$$

$$A_{33} = R_l(l - d_M) + l(k_1 + k_2 + P_{f1} + P_{f2}); A_{36} = -\frac{A_{35}}{V_o};$$

$$A_{34} = \frac{l \cdot (a_T + a_M) \cdot (k_1 + k_2 + P_{f1} + P_{f2})}{V_o}; A_{35} = l(k_1 + k_2 + P_{f1} + P_{f2});$$

$$f_{31} = R_l \cdot d + P_{f1} \cdot h + P_{f2} \cdot b - \alpha_1 \cdot l \cdot k_1 - \alpha_2 \cdot l \cdot k_2.$$

In the system of differential equations (1) the following notation is adopted: M_T and J_S – respectively the mass of the aggregating tractor and its moment of inertia relative to the center of mass; k_A , k_B – the coefficients of resistance to the removal of the pneumatic tire of the wheels corresponding to the front and rear axles of the wheel aggregate tractor; k_1 , k_2 – the coefficients of resistance to the release of the pneumatic tires, respectively, to the left and two right wheels of the traction roller reaper; α_1 , α_2 – the angles of the installation (divergence) of the left and right wheels of the reaper; L , a_T , a_M , l , h , b , d and d_M – constructive parameters shown on (Fig. 1).

On the basis of the received system of differential equations there is an opportunity to investigate the stability of the motion of an asymmetrical machine-tractor unit when performing its technological operations. The developed theory of the plane-parallel motion of an asymmetric machine-tractor unit can serve as a basis for studying the stability of a rather broad class of asymmetrical machine-tractor aggregates.

References

1. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Том II. Динамика. Москва: Наука. 1985. 496 с.

UDK 631.372+631.312

**RESEARCH OF TECHNICAL-OPERATIONAL CHARACTERISTICS
OF THE ARABLE UNIT, WORKING ON “PUSH-PULL” SYSTEM**

Bulgakov Volodymyr

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Nadykto Volodymyr

Tavria State Agrotechnological University, Ukraine

Nesvidomin Viktor

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Nowak Janysz

University of Life Sciences in Lublin, Poland

Nesvidomin Andriy

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

The increase in traction and coupling properties of an aggregating tractor in the structure of arable machine and tractor unit can be achieved by using not only rear-mounted, but also front mounted plows, i.e. units working on the “push-pull” scheme.

The arable machine-tractor unit, complete with the “push-pull” scheme, consisted of the HTZ 16131 tractor, the front two-hull and rear-mounted tensometric plows (Fig. 1). Thus, an experimental arable aggregate was assembled according to the “2 + 4” scheme, which had a front two-hulled and rear-mounted four-hull plow.



Fig. 1. Arable unit, complete with the “push-pull” scheme.

During the field research the following parameters were recorded: humidity and thickness of soil, longitudinal-vertical profile of the field, tractive resistance and working width of plows, speed, skidding of wheels and hourly consumption of tractor fuel, depth of plowing.

It was found that for the rear-mounted plow the traction resistance varied within the limits of 21.0...23.1 kN. Traction resistance of the double-hull front unit was 10.5...11.6 kN. The total resistance of both plows was 31.5...34.7 kN.

With this in mind, we can say that with an average quadratic deviation of ± 5.0 kN the variability of traction resistance of the entire arable unit under the “push-pull” scheme was average, since the coefficient of variation of this process was within 14...16%.

Analysis of the normalized correlation functions of traction resistance of plows showed that the correlation correlation time was within 0.24...0.26 s. Such a length (in time) of the correlation relation characterizes the process as relatively high-frequency. The real proof of this is the dispersion spectrum of the oscillations of the traction resistance of the research arable unit, which was concentrated in the frequency range: 0...25 s⁻¹ or 0...4 Hz (Fig. 2).

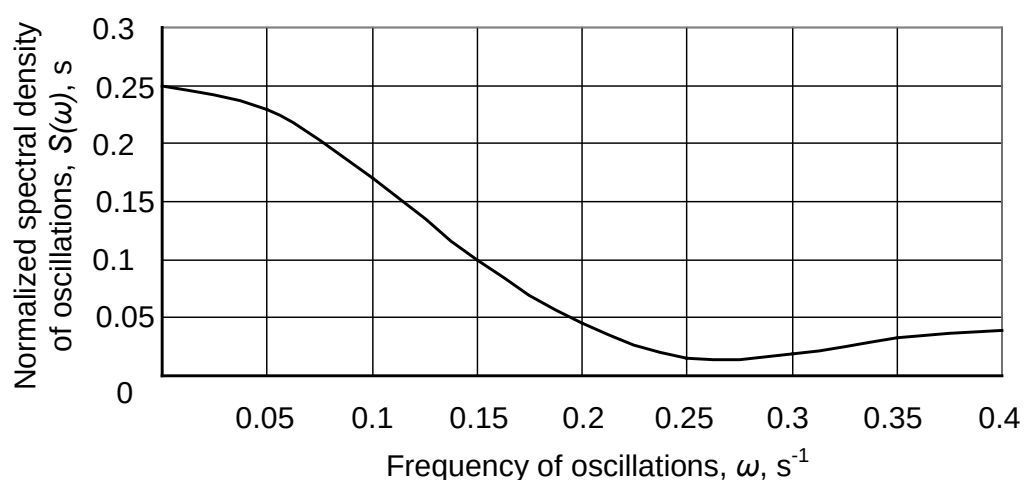


Fig. 2. Normalized spectral thickness of the oscillations of traction resistance of the rear-mounted plow in the unit according to the “push-pull” scheme.

Results of field experimental researches of the arable machine-tractor unit operating according to the “push-pull” scheme are presented in Table.

Table. Operational and technological assessment of arable unit operating according to the “push-pull” scheme based on the aggregating tractor HTZ 16131.

Index	Value
Mode:	
– working width, m	2.15
– stroke speed, km·h ⁻¹ .	7.2
– depth of plowing, cm	25
– length, m	1150
Volume of performed work, ha	40
Productivity, ha·h ⁻¹ :	
– main time	1.55
– shift time	1.33
– operating time	1.30
Fuel consumption, kg·ha ⁻¹	14.4
Operational and technological coefficients:	
– use of a shift of time	0.86

– use of a operating time	0.84
– process reliability	0.99
– use of working strokes	0.90
The average value of the duration of one turn, “pear-shaped” type, s	53
Width of the turntable, m	32.1
Agrotechnical indicators:	
– average value of depth of plowing, cm	25.7
– uniformity of plowing depth, $\pm$ cm	1.65
– uniformity of working width, $\pm$ cm	6.8
– presence of errors	no

Analysis of the data obtained from the test of the experimental arable unit (Table) in comparison with the serial arable unit showed a 14.7% decrease in labor costs, direct costs by 17.0%, specific investments by 10.8%, and reduced costs by 15.8%, which indicates the undoubted advantages of the units, the “push-pull” system.

UDK 631.358.44/45

THEORY OF MOVEMENT OF POTATO TUBERS ON THE SPIRAL SEPARATOR

Bulgakov Volodymyr, Prof. Doc. Ing., **Holovach Ivan**, Prof. Doc. Ing.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Arak Margus, Prof. Doc. Ing., **Olt Jüri**, Prof. Doc. Ing.

Estonian University of Life Sciences

An actual problem in the technological process of potato production is the cleaning of tubers from soil and vegetable impurities after their excavation from the soil. Therefore, the development of new designs separators potato heap requires further research and optimization of their kinematic and structural parameters that would ensure not only the high quality of cleaning, but also excluded, thus, injury tubers. We have developed a new design of the spiral separator potato heap, which is a set of three spirals mounted on the drive shafts cantilever. The separated heap of potatoes is fed to them from above and, as a result, a significant part of the soil impurities is immediately sieved downward. Potato tubers are captured by the turns of spirals and transported in the axial directions, provided that the impurities turns are not trapped by the coil springs and the latter have the possibility of self-cleaning, during the operation, from adhering damp soil. Experimental studies of the separator potato showed positive results as the basis for further investigation of this process, in order to optimize the structural and kinematic parameters of the new separation device. We have constructed a new computational mathematical model for the movement of a potato tuber on a spiral separator, the equivalent circuit of which is shown in Fig.

The movement of the potato tuber, performed under the action of the system of forces indicated on an equivalent circuit, made it possible to obtain the following system of differential equations:

$$\left. \begin{aligned}
 m\ddot{x} &= (N_1 + N_2 - N_3) \times \\
 &\times \frac{A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)}{\sqrt{[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + \\
 &\quad + [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + C^2 \cos^2(2\omega t)}} - \\
 &- (F_1 + F_2 + F_3) \frac{2\pi R \sin(\omega t)}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}}, \\
 m\ddot{y} &= (N_1 + N_2 + N_3) \times \\
 &\times \frac{A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)}{\sqrt{[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + \\
 &\quad + [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + C^2 \cos^2(2\omega t)}} - \\
 &- (-F_1 - F_2 + F_3) \frac{2\pi R \cos(\omega t)}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}} - G - P_v, \\
 m\ddot{z} &= (N_1 - N_2 + N_3) \times \\
 &\times \frac{C \cos(2\omega t)}{\sqrt{[A \sin(\omega t) + B \cos(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + \\
 &\quad + [A \cos(\omega t) + B \sin(\omega t) \cdot \sin(2\omega t)]^2 + C^2 \cos^2(2\omega t)}} - \\
 &- (F_1 + F_2 + F_3) \frac{S}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + S^2}},
 \end{aligned} \right\}$$

Thus, a system of differential equations for the movement of a potato tuber under the action of turns of rotating spirals is obtained, when the tuber is located in a hollow between neighboring spirals in an absolute coordinate system $xOyz$.

However, since the rotation of the spirals is carried out at constant angular velocities $\omega = \text{const}$, with this steady motion, the tuber of the potato will move at a constant speed $\bar{V}_i$, $i=1, 2, 3$, relative to the surface of the turns of the spirals 1 and 2. However, in the absolute coordinate system of the projection, its velocities will be equal: $V_x = V_y = 0$ and $V_z = S\omega \cdot (2\pi)^{-1} = \text{const}$, since the potato tuber in the form of the material particle will move only along the axis Oz .

The next step in constructing a mathematical model for potato purification on the surface of a spiral separator is the compilation of a program and a

numerical solution on the PC of the obtained system of equations for the movement of a potato tuber over the surface of a spiral separator.

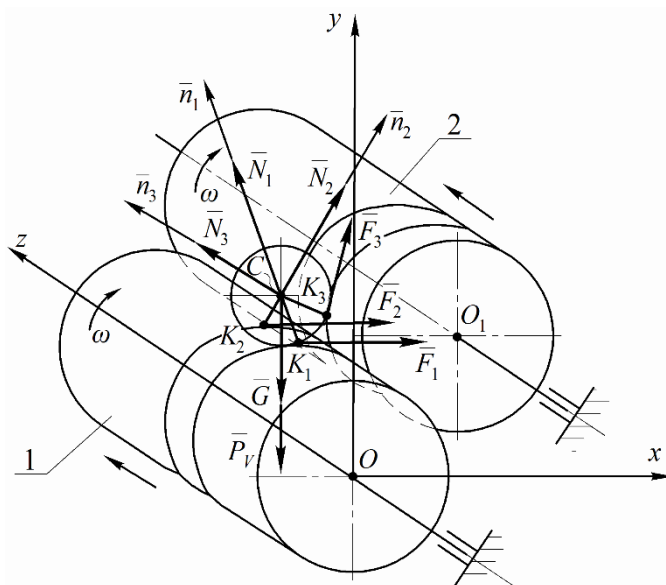


Fig. Equivalent scheme of potato tuber interaction with a surface of a spiral separator.

This will make it possible to determine the optimal parameters of the spiral separator. Further, it is also necessary to analyze analytically the possible rotations of the body of the potato tuber when it is on the surface of the spiral separator around the axes passing through its center of mass under the action of the moments created by the frictional forces.

УДК 674.038

НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОЯКІСНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

Марченко Н.В., кандидат технічних наук, доцент (nv_marchenko@ukr.net),
Новицький С.В., Зав'ялов Д.Л.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

На сьогодні, внаслідок масового розповсюдження патологічних процесів у соснових деревостанах, що спричиняють їх всихання, отримується значна кількість необробленої деревини, що класифікується як сухостійна і характеризується заниженою товарністю. Тому постає питання ефективного використання такої деревини, як можливого резерву для промислового використання (у будівництві, меблевому, целюлозо-паперовому виробництві, для виготовлення деревних плит тощо).

Останніми дослідженнями встановлено, що основними сортоутворюючими ознаками сухостійної деревини сосни звичайної (*Pinus*

sylvestris L.), давністю всихання до 1-го року, є заболонні грибні забарвлення (синява), торцеві та неглибокі бічні тріщини всихання і поверхнева червоточина. Зі збільшенням давності всихання деревини сортоутворюючими ознаками стають глибокі бічні тріщини від всихання, неглибока та глибока червоточина і заболонні та ядрові гнилі різної глибини ураження.

За результатами ідентифікації грибних уражень зразків деревини сосни звичайної з усихаючих деревостанів зони Лісостепу було виявлено такі роди грибів як: *Mucor*, *Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Trichoderma* та *Phellinus pini* (соснова губка) – рис. 1. Встановлено, що для ліквідації життєдіяльних процесів деревозабарвлюючих грибів в сухостійній деревині сосни звичайної, давністю усихання до 1-го року, температура її обробки під час сушіння має бути не нижчою за $t = 120^{\circ}\text{C}$. Виявлено, що міцнісні параметри сухостійної деревини сосни, давністю усихання до 1-го року, знижуються незначно, порівняно з неуразеною деревиною (на 4%-10%), що дає змогу розглядати таку деревину у якості конструкційного матеріалу [1].

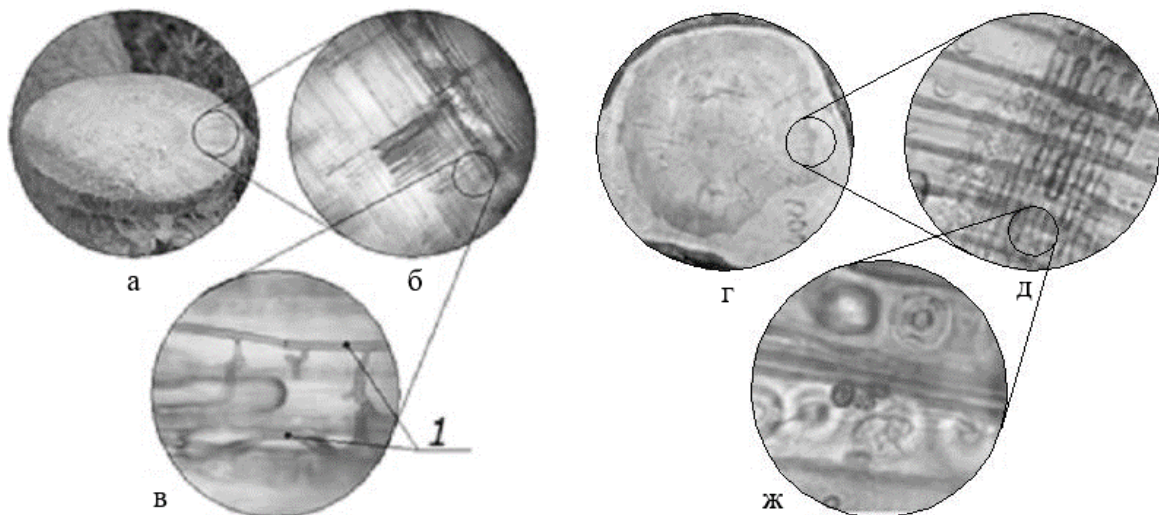


Рис. 1. Вигляд деревини: а – на зрізі колоди, ураженої деревозабарвлюючими грибами; б – мікрозріз у 640-кратному збільшенні; в – мікрозріз у 1600-кратному збільшенні; 1 – скупчення гіфів в клітинах серцевинних променів; г – на зрізі колоди, ураженої *Phellinus pini*; д – радіальний зріз деревини сосни, характерне забарвлення серцевинного променя бурим відтінком в процесі життєдіяльності *Phellinus pini* (1600-кратне збільшення); ж – радіальний зріз деревини сосни звичайної, спори гриба *Phellinus pini* в порожнинах клітин.

Однак показники фізико-механічних властивостей сухостійної деревини сосни, давністю усихання більше 1-го року, вже значно різняться від неуразеної деревини: до 14% для деревини, усиханням до 2-х років; до 19% для деревини, усиханням до 3-х років [1]. Тому розглядається можливість використання такої деревини для виробництва утеплювальних матеріалів, середньою щільністю не більше $180\text{-}200\text{ кг/м}^3$ і

теплопровідністю у межах 0,03–0,08 Вт/м К. Виготовлення утеплювальних матеріалів з деревини, ослабленої грибними ураженнями, дозволить знизити вартість витрат на сировину та частково вирішити питання ефективного використання низькоякісної деревини з ознаками мікологічних уражень.

Перелік посилань

1. Марченко Н.В., Новицький С.В., Іноземцев Г.Б., Несвідомін В.М. Деякі експлуатаційні властивості низькоякісної деревини сосни звичайної. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. № 27 (1). С. 157–159.

УДК 674.047

**ІМПУЛЬСНИЙ РЕЖИМ СУШІННЯ ПАРКЕТНОЇ ФРИЗИ
З ДЕРЕВИНИ ДУБА**

Пінчевська О.О., доктор технічних наук, професор
(olenapinchenska@nubip.edu.ua), **Борячинський В.В.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Клемент І., PhD, професор

Технічний університет Зволена, Словаччина

У технологічному виробництві якісних готових виробів з деревини процес сушіння являється визначальною, проте дорогою та довготривалою операцією. Особливо це стосується видалення вологи із деревини твердих листяних порід, з яких переважно виготовляють покриття для підлоги. Інтенсифікувати процес у конвективних камерах можна за рахунок підвищення температури. З метою запобігання розвитку напруженого стану та руйнування деревини під час сушіння за підвищених температур доцільно зменшити їх дію на матеріал шляхом використання імпульсних режимів, що характеризуються переривчастою зміною параметрів агента сушіння (температури та відносної вологості).

Для визначення раціональних параметрів імпульсного режиму сушіння паркетних дубових товщиною 25 та 30 мм проведені експериментальні дослідження, які підтвердили висунути гіпотезу про можливість скорочення процесу за рахунок надання матеріалу «теплого удару» і насиченому середовищі. Аналіз швидкості видалення вологи показав доцільність застосування такого методу до досягнення матеріалом вологості 20 %. Після чого заготовки досушували за постійної температури до кінцевої вологості 8%. Процес сушіння тривав за температури середовища 80–100 °С, при цьому температура нагрівання – 65–85 °С, а охолодження – 35–55 °С. Кількість циклів «нагрівання-охолодження» була різною і коливалася від 10 до 68, дефектів сушіння не спостерігалось.

Порівняння отриманих результатів тривалості сушіння з розрахунковими показало скорочення процесу сушіння більше ніж в 1,6 рази.

УДК 674.04

ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМОМОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Пінчевська О.О., доктор технічних наук, професор

(olenapinchenska@nubip.edu.ua), **Горбачова О.Ю.**, кандидат технічних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Деревина – популярний, екологічно чистий, легкий в обробленні матеріал, але має такі недоліки як здатність піддаватися руйнівній дії грибів і комах, нестабільність форми і розмірів під час експлуатації. З метою збільшення стійкості деревини і продовження терміну її експлуатації застосовують термічне оброблення – це один із способів модифікування деревини під дією високих температур без застосування хімічних речовин. Тому дослідження властивостей термообробленої деревини різних порід є актуальним і результати визначають сферу її застосування.

В результаті проведення експериментальних досліджень встановлено, що базова щільність термообробленої сосни зменшилася на 3,6 %, ясена – 4,1 %, берези – 11 %, граба – 5 %. Виявлено не однаковий вплив термомодифікування на властивості різних порід. Так, за 20 діб витримування зразків у середовищі із вологістю 95 % термомодифікована сосна поглинула в 3,8 рази менше вологи порівняно із необробленою, ясен – в 4,7 рази, а граб – 1,86 рази. Температура має більший вплив на величину усихання ясена і у радіальному напрямку вона зменшилася у 2,3 рази, у тангентальному – 2 рази.

Дослідження зміни механічних характеристик деревини також показали неоднозначні результати – суттєве зниження межі міцності при статичному згині для сосни і ясена, а для берези і граба – збільшення показника на 12–14 %. Отримані результати свідчать про неможливість використання термообробленої деревини сосни і ясена у якості несучих конструкцій та одночасно доцільно використовувати ці породи для виготовлення виробів, що експлуатуються просто неба або у середовищі зі змінними кліматичними умовами – ванні кімнати, кухні, підлога приміщень.

УДК 674.11

**ВЛАСТИВОСТІ ПРЕСОВАНОГО МАТЕРІАЛУ З ЛІСОСІЧНИХ
ВІДХОДІВ**

Пінчевська О.О., доктор технічних наук, професор
(olenapinchewska@nubip.edu.ua), **Лакида Ю. П.**, кандидат технічних наук
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Седлячик Я., PhD, професор
Технічний університет Зволен, Словаччина

На фізичні і механічні властивості композиційного матеріалу впливають його структурні параметри, які визначають напрями застосування.

Фізичні та механічні властивості матеріалу, виготовленому з роздавлених гілок тополі визначали на зразках із додаванням карбамідоформальдегідного та фенолформальдегідного в'язучого з перпендикулярним розташуванням волокон.

В результаті проведених експериментальних досліджень виявлено, що новий деревинно-композиційний матеріал має середню щільність $\rho=665 \text{ кг/м}^3$, яка близька до значень густини плит OSB ($\rho=650 \text{ кг/м}^3$).

Дослідження водопоглинання та розбухання у воді зразків нового композиційного матеріалу на основі карбамідоформальдегідного в'язучого показали негативні результати, що змусило обрати інше в'язуче – фенолформальдегідне.

Для матеріалу, виготовленому на основі фенолформальдегідної смоли показник розбухання матеріалу у воді за 24 години склав 43,3 % для плит з відкритими торцями та 18,7 % – для плит з закритими торцями. У плит OSB цей показник становить на рівні 20 %

Отриманий новий композиційний матеріал показав високі механічні властивості: його межа міцності при згині становила – 29,8–37,6 МПа.

Для порівняння плити OSB загального призначення – 9–17 МПа та 26–30 МПа (підвищеної міцності). Модуль пружності нового композиційного матеріалу при згині становив – 6962–8932 МПа.

Для порівняння плити OSB загального призначення мають наступні показники – 2500 МПа та 4800 МПа (підвищеної міцності), що підтверджує можливість їх заміни новим матеріалом.

УДК 631.55.035

**ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
ІЗ ПЕРЕРОБКОЮ СОЛОМИ НА ПЕЛЕТИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ**

Смолінський С.В., кандидат технічних наук, доцент

(s_smolinskyu@meta.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
м. Київ*

Останніми роками все більшого поширення в якості джерела теплової енергії отримали пелети, які вготовляються при переробці рослинної сировини, у тому ж числі і соломи зернових культур після їх обмолоту. При виробництві пелет зернові культури збираються самохідними зернозбиральними комбайнами з укладанням соломи у валки і подальшим їх підбиранням паковими або рулонними прес-підбирачами, транспортуванням і виробництвом пелет на стаціонарних установках.

Однією із перспективних технологій є застосування машини для виробництва пелет в мобільному процесі в польових умовах (таку машину на даний момент часу виробляє фірма Krone, що агрегатується з тракторами).

Визначено три схеми реалізації зазначеної технології: 1) збирання зернових культур з повним зрізуванням стеблостою зернозбиральними комбайнами із укладанням соломи у валки і підбиранням соломи із валка машиною для виробництва пелет; 2) зрізування лише колоскової частини стеблостою, з обмолотом колосків і очищенням зерна на робочих органах комбайна, а нижня частина зрізуватиметься начіпною на трактор косаркою після проходу комбайна і підбиратиметься машиною для виробництва пелет (двома окремими агрегатами або одним комбінованим); 3) відрізняється від попередніх лише двоярусним зрізуванням стеблостою жаткою зернозбирального комбайна.

На основі аналізу зазначених трьох схем, найбільш економічно ефективним і адаптованим під існуючу систему машин є друга схема, а мінімальні втрати можна досягнути при застосуванні третьої схеми.

УДК 631.356.43

**ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РОБОЧИХ
ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

Смолінський С.В., кандидат технічних наук, доцент

(s_smolinskyu@meta.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
м. Київ*

При збиранні картоплі робочими органами картоплезбиральних машин підкопується бульбоносний шар ґрунту, який подається на поверхню

сепарувальних робочих органів. У воросі, що підкопується, лише 2...3% (інколи до 5%) складають бульби, інше – домішки, які необхідно виділити на сепарувальних робочих органах. Тому, основним завданням сепарувальних робочих органів в схемі картоплезбиральних машин є максимально виділити домішки із бульбоносного шару ґрунту при мінімальних втратах і пошкодженнях бульб.

На основі проведеного аналізу сучасних технічних розробок встановлено, що з метою підвищення функціональних можливостей робочих органів картоплезбиральних машин доцільно застосовувати комбіновані робочі органи:

- підкопувально-грудкорозчавлюючі (активні, пасивні або комбіновані), які при підкопуванні бульбоносного шару ґрунту з одночасним руйнуванням грудок і зсувом підкопаної ґрунтової маси, забезпечують мінімізацію подачі грудок на сепарувальні робочі органи картоплезбиральних машин при мініальному пошкодженні бульб;

- підкопувально-сепарувальні (активні, пасивні або комбіновані), які одночасно з підкопуванням рядка і руйнуванням грудок, просіюють дрібні ґрунтові домішки, забезпечуючи мінімальний вміст ґрунтових домішок в картопляному воросі.

Застосування подібних робочих органів підвищуватиме сепарувальну здатність робочих органів і продуктивність картоплезбиральних машин.

УДК 614.842

ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ ЗАХИЩЕНОЇ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ

Цапко О.Ю., Цапко Ю.В., доктор технічних наук (juriys@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Тичино М.О., доктор технічних наук, професор

Білоруський державний технологічний університет, м. Мінськ

Вогнезахист деревини та дерев'яних конструкцій здійснюється на об'єктах будівництва, виробництва, на транспорті тощо та зводиться до введення в деревину сповільнювачів горіння (антипіренів) – речовин, які, впливаючи на кінетику піролізу деревини і зменшуючи при цьому утворення летких продуктів, інгібують газофазні реакції в полум'ї та перешкоджають безполуменовому горінню карбонізованого залишку.

Необхідно зазначити, що під час експлуатації вогнезахисної деревини у вологому середовищі антипірени вогнезахисних засобів поступово мігрують до її поверхні, утворюючи аерогель, який під впливом навколишньої атмосфери здатний утворювати аерозоль, що є головною

причиною зменшення ефективності вогнезахисту. На сьогодні розроблено ефективні просочувальні засоби, зокрема композицію з суміші неорганічних та органічних речовин, при застосування якої на поверхні просоченої деревини після випаровування вологи утворюється полімерна плівка, яка перешкоджає виходу антипірену назовні.

Процес міграції антипірену з деревини в період експлуатації відбувається таким чином. Молекули води з повітря адсорбуються капілярно-пористою структурою деревини з утворенням плівки розчинника. У порах відбувається розчинення сольового антипірену, і за рахунок факторів масопереносу він мігрує до поверхні деревини, де після випаровування води утворюються його кристали, які обсіпаються під дією гравітаційних сил.

У зв'язку з цим, розроблено тимчасову методику, суть якої полягає у проведенні випробувань на фоні штучно створених циклічних умов експлуатації, за яких відбувається прискорена дифузія просочувальних засобів, і періодичному перевірці оціночних показників просочувального засобу.

Зразки вогнезахисної деревини витримували за змінних значень температури та вологості (4 цикли прирівнюють до 1 року в умовах реальної експлуатації), після чого оцінювали ефективність вогнезахисту. За даною методикою проведено дослідження експлуатаційних параметрів деревини захищеної органо-неорганічним вогнезахисним засобом і просочувальним засобом БС-13, результати яких наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Результати визначення ефективності захисту для деревини, залежно від кількості циклів на “прискорену дифузію”.

Засіб	Кількість циклів випробувань	Середня маса зразка, г		Втрата маси зразка, %	Група ефективності
		до	після		
		випробувань			
Суміш БС-13	контрольний	144,0	132,6	7,3	I
	4	139,2	126,5	9,2	II
	8	135,5	119,4	12,0	II
	12	140,6	118,4	15,8	II
	20	138,3	111,7	19,2	II
Органо-неорганічний	контрольний	144,2	133,8	6,9	I
	4	145,2	133,5	8,1	I
	8	142,7	130,2	8,3	I
	12	137,4	125,4	8,5	I
	20	141,0	128,4	8,8	I
	40	146,6	132,6	8,9	I
	48	151,1	134,2	11,2	II

За результатами проведених досліджень встановлено, зокрема, що деревину, просочену сумішшю БС-13, вже після чотирьох циклів прискореної дифузії антипірену відноситься до II групи за ефективністю

вогнезахисту [1]. Деревина, оброблена композицією з наявності полімерного шару покриття, належить до І групи за ефективністю вогнезахисту.

Таким чином, в результаті проведених досліджень розроблено і апробовано методику “прискореної дифузії антипірену з деревини”.

Перелік посилань

1. ГОСТ 16363-98. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств.

УДК 331.452: 631.372

**МЕТОДИКА ОЦІНЕННЯ РИЗИКУ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ЗА
УЧАСТІ ТРАКТОРІВ ПІСЛЯ ЇХ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**
Войналович О.В., кандидат технічних наук, доцент (voynalov@bigmir.net),

Мотрич М.М., кандидат технічних наук

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Нині відсутні методичні засади надійного оцінення ступеню експлуатаційного пошкодження у деталях вузлів тракторів та самохідних сільськогосподарських машин (ССМ), а також впливу накопиченого пошкодження на ймовірність безпечної експлуатації за межами призначеного ресурсу. То ж актуальною є задача розроблення методу оцінення аварійного стану тракторів після тривалої експлуатації за даними дефектоскопічного контролю щодо накопичення у масиві деталей експлуатаційних тріщин граничних та допустимих розмірів.

Для оцінення ймовірності настання аварійних ситуацій під час експлуатації тракторів МТЗ-80(82) у даній роботі застосовано статистичні методи розпізнавання задач технічної діагностики, використавши дані дефектоскопічного контролю. Методи технічної діагностики дозволяють оцінити (розпізнати) стан об'єкта за умов обмеженої інформації. Важливо коректно вибрати параметри, які описують стан об'єкту та мають бути достатньо інформативними, щоб за вибраної кількості діагнозів оцінити стан об'єкту.

Об'єктами діагностування у даному дослідженні було вибрано окремі вузли трактора. Розглядали два стани (діагнози) цих об'єктів: D_1 – справний та D_2 – несправний.

Аналізували випадки, коли несправність вузлів трактора зумовлена наявністю тріщин у деталях вузла. Діагностували об'єкти (вузли трактора) за комплексом ознак k , а саме: k_1 – наявність малих тріщин; k_2 – наявність тріщин середнього розміру; k_3 – наявність великих тріщин.

Запропонована методика розрахунку дозволяє оцінити, з якою ймовірністю можна віднести до одного із зазначених станів вузол

трактора, в деталях якого виявлено тріщини, що зумовляють одразу чи через певний час зруйнування вузла, а отже буде створено аварійну ситуацію.

У розробленій методиці розрахунку ймовірності настання аварійних ситуацій було використано дані не про лінійні розміри виявлених дефектів, а саме ознаки, що знайдено тріщини різного ступеню небезпеки щодо зруйнування деталі. Звичайно розміри тріщин у масиві деталей вузлів тракторів різної тривалості експлуатації характеризуються неперервним розподілом. У даному випадку за допомогою комплексу ознак k отримано дискретне представлення розподілу. Таке нечітке представлення без зазначення лінійних розмірів тріщин зумовлено тим, що вузли трактора складаються з множини деталей різного поперечного перерізу в зонах поширення тріщин. Трирозрядне подання відповідає відносній величині розвинення тріщини у деталі щодо перерізу на час проведення діагностичного контролю.

УДК 631.613.5

АНАЛІЗ ВІДМОВ І УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ШАСІ ЛІСОВИХ МАШИН

Чихалов О.Д., Банний О.О., кандидат технічних наук
(bannyu@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Як об'єкт досліджень вибрані трелювальні трактори ЛХТ-100 так як їх використовують в якості бази для багатьох лісозаготівельних машин.

Проведені спостереження за відмовами лісових машин показали, що відмов (близько 70%) відбувається за рахунок посиленого зносу вузлів тертя трактора ЛХТ-100.

В результаті аналізу відмов підшипникових вузлів трактора ЛХТ-100 виявлена статистика їх розподілу по вузлах тертя [1]. Статистика розподілу відмов представлена на рисунку.

Як видно з рисунку, більшість відмов припадає на сполучення ходової системи трактора, таких вузлів, як направляючі колеса, рама підвіска (до 35% відмов виникають внаслідок виходу з ладу втулок). Тому на заводі-виробнику і на ремонтній галузі існує проблема зниження відсотка відмов цих вузлів.

Графік розподілу відмов відображає специфіку і умови експлуатації трактора ЛХТ-100.

Слід зазначити, що функціональні особливості лісозаготівельної техніки істотно відрізняються від сільськогосподарської, а робота їх виконується в умовах пересіченій місцевості. Все це створює особливі специфічні вимоги до роботи розглянутих вузлів і деталей. Так згідно з

даними заводу виробника, типові сполучення зазнають навантаження від 5 до 170 Н/мм, при швидкості ковзання від 0,1 до 0,7 секунди, більшість з них здійснює зворотно-обертальний тип руху, в умовах одноразового мащення здійснюваного при складанні вузла [2].

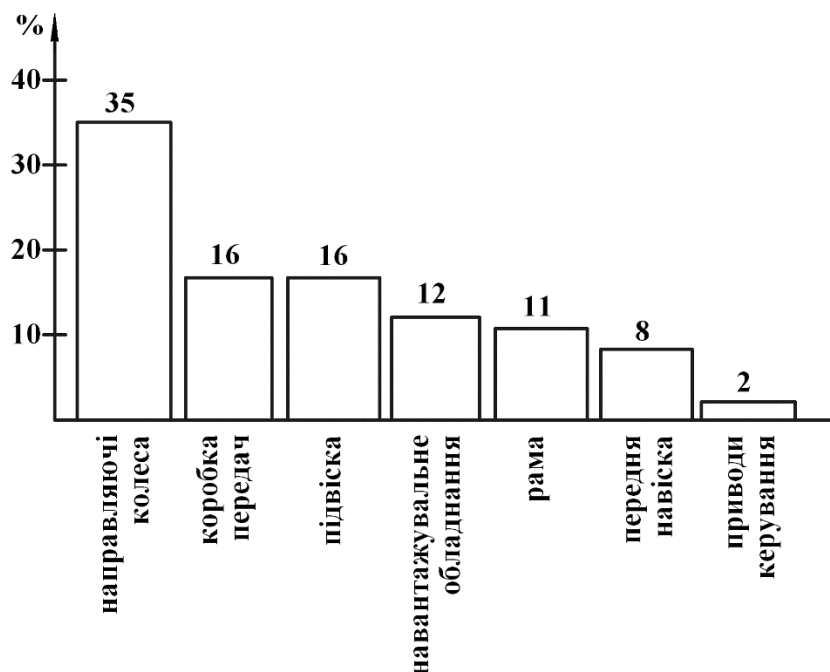


Рис. Розподіл відмов підшипникових вузлів тертя шасі трельовального трактора ЛХТ-100.

Крім цього, слід зазначити, що трактора працюють в умовах піщаних, супіщаних, глинистих і суглинних ґрунтів, а в результаті експлуатації їх в вузли тертя потрапляють абразивні частки кварцового піску дисперсністю від 0,01 до 0,5 мм, що призводить до абразивного зношування сполучених поверхонь.

Причиною виникнення відмов в підшипникових вузлах є абразивно-механічне зношування, яке супроводжує процес експлуатації. При дефектації деталей проведених на ремонтному підприємстві встановлено, що в даних деталях тріщин і втомного викришування не спостерігалось.

Перелік посилань

1. Банний О.О., Новицький А.В. Логико-вероятностные модели надёжности сложной техники. Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. Lublin. 2012. Vol. 13B. P. 184–190.
2. Андрейкив А.Е., Чернец М.В. Оценка контактного взаимодействия трущихся деталей машин. Наукова думка, 1991. 210 с.

УДК 629.3.018.4

АНАЛІЗ ВІДМОВ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Можарівський А.О., Банний О.О., кандидат технічних наук

(bannyu@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Сучасний турбокомпресор дизельного двигуна має великий діапазон робочих швидкостей (середня частота обертання валу сучасного турбокомпресора становить близько 60000...80000 хв⁻¹), схильний до температурних впливів і нерівномірного розподілу навантажень. Від цих факторів, перш за все, схильні до руйнування підшипник ковзання в парі з валом ротора середнього корпусу турбокомпресора.

Турбокомпресор, як і багато інших складових «єдиного цілого» схильний до різних видів пошкоджень і відмов. Деякі з його вузлів і з'єднань схильні до відмов в більшій мірі, ніж інші. Особливо схильні до зносу пари тертя, підшипник ковзання, вал ротора турбокомпресора а також лопатки турбінного колеса [1].

На підшипник такого високо обертового турбокомпресора діють в радіальному напрямку вага валу ротора (разом з надітими на нього крильчатками турбінного і компресорного коліс); сила від тиску відпрацьованих газів і подолання «масляного клина» в момент включення турбокомпресора т.д. Все це впливає на зносостійкість і працездатність підшипникового вузла.

Однією з причин втрати працездатності турбокомпресора є руйнування турбінних коліс через втрату стійкості роботи на деяких режимах, що призводять до помпажу при якому виникають різкі періодичні коливання тиску і витрати повітря. При помпажу відбувається значне збільшення амплітуди вібрації лопаток і накопичення в них втомних пошкоджень.

Аналіз роботи і умов навантаження деталей турбокомпресора показує, що пара тертя ковзання «вал ротора - підшипник» схильна до абразивного (в моменти недостатньої подачі мастильного матеріалу: пуск двигуна, різка зупинка двигуна, зниження тиску мастильного матеріалу) і гідроабразивному (при сталому режимі роботи) зносу:

- в парах тертя «торцева поверхня підшипника – торцева поверхня масловідбивача» і «торцева поверхня підшипника – втулка ущільнення ротора» переважає абразивний вид зношування;
- в парі тертя «підшипник – корпус середній» переважає кавітаційний вид зношування;
- в парах тертя «кільце ущільнювача – канавка масловідбивача» і «кільце ущільнювача – канавка втулки ущільнення ротора» – абразивне зношування;
- в парах тертя «кільце ущільнювача – диск ущільнення компресора»

«кільце ущільнювача – втулка середнього корпусу» – абразивний знос;

- в парах тертя «фіксатор – втулка підшипників» абразивний вид зношування і фреттинг-зношування.

В підшипниковому вузлі деталі, виготовлені з бронзи, зношуються більшою мірою ніж пов'язані з ними сталеві деталі. Це пов'язане з тим, що ця пара тертя є прямою парою тертя і крім того, «плаваюча» втулка більше, ніж вал схильна до абразивного зношування.

З перерахованого вище випливає, що всі сучасні, а також колишні у вживанні, але пройдеши цикл модернізації оснащуються двигунами з встановленими на них турбокомпресорами. Це дозволяє найбільш дешевим способом підвищити їх потужність, а відповідно продуктивність [2]. Вартість нових турбокомпресорів в два рази вище турбокомпресорів які пройшли капітальний ремонт, отже, для більш раціонального використання техніки необхідний ремонт турбокомпресорів, при цьому треба прагнути до того, щоб наблизити ресурс валу ротора до ресурсу двигуна. Це дозволить збільшити міжремонтний інтервал, тим самим скоротити час на простої техніки в період ремонту.

Також випливає, що під час експлуатації турбокомпресор схильний різного роду зносам, але тільки 27% з них призводить до повного вибракування турбокомпресора. Наслідки інших зносів можливо відновити. Для зменшення собівартості відновлення слід вибрати спосіб відновлення найбільш економічно обґрунтований і технологічно який можна застосовувати до умов підприємств.

Перелік посилань

1. Банний О.О., Новицький А.В., Тарасенко С.Є. Классификация систем мониторинга технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники. Сборник научных трудов SWorld, 21–30 апреля 2015 г. Инновационные взгляды научной молодежи. Т. 10. Вып. 1 (38). Иваново, 2015. С. 74–78.

2. Еремеев Н.С. Повышение эффективности технической эксплуатации лесозаготовительных машин на основе управления их остаточным ресурсом. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Москва. МГУЛ. 2006. 386 с.

**МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ
БАГАТОЕЛЕМЕНТНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ
АГРЕГАТИВ**

Антощенко Р.В., кандидат технічних наук, доцент

(roman.antoshchenkov@gmail.com)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Постановка проблеми. Комбіновані сільськогосподарські агрегати представляють собою багатоелементні машини, способи з'єднання яких пропонуються заводом виробником. Динаміка багатоелементних агрегатів потребує поглиблених досліджень для визначення оптимальних та менш витратних режимів роботи. Різноманіття структур багатоелементних агрегатів збільшує витрати часу на їх дослідження. Тому необхідно обґрунтувати методи моделювання багатоелементних сільськогосподарських агрегатів (БСА), що враховує структури агрегатів та дозволить дослідити вплив схеми агрегування, кінематичних та силових параметрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Динаміку тракторів та сільськогосподарських агрегатів досліджували Авдєєв В. М., Адамчук В. В. [1], Андрєєв Ю. М., Анілович В. Я., Артоболовський І. І., Артьомов М. П., Булгаков В. М. [2], Кюрчев В. М., Подригало М. А., Рославцев А. В., Самородов В. Б., Werner R., Shabana A. A., Blundell M. та ін. Встановлено, що для дослідження функціонування БСА не розроблено вимірювальну систему, що визначає динамічні показники більше як двох елементів агрегату.

Метою роботи є розробка методу формування рівнянь динаміки БСА та обґрунтування конструкції вимірювальної системи.

Результати дослідження. В аналітичній механіці, геометричні та кінематичні властивості моделі описуються як узагальненими координатами й узагальненими швидкостями ($\mathbf{q} = \{q_1, q_2, \dots, q_s\}$, $\dot{\mathbf{q}} = \{\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_s\}$), так і узагальненими координатами та псевдошвидкостями ($\mathbf{q} = \{q_1, q_2, \dots, q_s\}$, $\dot{\mathbf{p}} = \{\dot{p}_1, \dot{p}_2, \dots, \dot{p}_m\}$). Рівняння динаміки для механічної системи із просторовим рухом ланок має вигляд:

$$\mathbf{U} = \sum_{i=1}^n \left\{ \tilde{\mathbf{W}}_{C_i}^T m_i \bar{\mathbf{a}}_{C_i} + \tilde{\mathbf{W}}_{\omega_i}^T \left([\bar{\mathbf{J}}_i] \cdot \bar{\boldsymbol{\varepsilon}}_i + \bar{\boldsymbol{\omega}}_i \times [\bar{\mathbf{J}}_i] \cdot \bar{\boldsymbol{\omega}}_i \right) \right\} - \tilde{\mathbf{W}}_P^T \mathbf{P} = 0, \quad (1)$$

де n – число твердих тіл у моделі; m_i , $[\bar{\mathbf{J}}_i]$, $\bar{\mathbf{a}}_{C_i}$, $\bar{\boldsymbol{\omega}}_i$, $\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}_i$ – маса, тензор інерції, прискорення центру мас, кутова швидкість і кутове прискорення i -го тіла; $\tilde{\mathbf{W}}_{C_i}$, $\tilde{\mathbf{W}}_{\omega_i}$ – структурні матриці відповідно радіус-векторів центрів мас і кутових швидкостей тіл; $\mathbf{P}$ – вектор-матриця характеристик силових

елементів – проєкцій векторів пар сил і моментів; $\tilde{\mathbf{W}}_p = \left[\frac{\partial \dot{\mathbf{p}}}{\partial \dot{\boldsymbol{\pi}}} \right]$ – структурні матриці інерційних і силових елементів.

Рівняння (1) автоматично формується та обчислюється за допомогою системи комп'ютерної алгебри «КиДиМ» через перетворення до форми Коші [3].

У Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка розроблено та створено вимірювальну систему динаміки та енергетики мобільних машин [3]. Вона призначена для визначення кінематичних, динамічних, потужнісних та енергетичних характеристик мобільних машин та їх елементів при дорожніх, польових і стендових випробуваннях. Інноваційною складовою вимірювальної системи є спосіб визначення буксування коліс або ведучих зірочок.

Перелік посилань

1. Adamchuk V., Petrychenko I., Korenko M., Beloev H., Borisov B. Study plane-parallel motion movement combined seeding unit. III International scientific and technical congress agricultural machinery. Proceedings. Varna. 2015. Vol. 1. P. 7–11.

2. Булгаков В.М., Иванов С.А. Моделирование вертикальных колебаний самоходных сельскохозяйственных машинных агрегатов. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Poland, 2007. Vol. 52 (3). P. 24–26.

3. Антощенков Р.В. Динаміка та енергетика руху багатоелементних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Харків. ХНТУСГ. Міськдрук. 2017. 244 с.

УДК 631.3-182

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КОЛІСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Артёмов М.П., доктор технічних наук, професор, (artiomovprof@ukr.net),

Анікеєв О.І., кандидат технічних наук, доцент (anikeev55@ukr.net)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Все різноманіття технологічних вимог, що пред'являються до машинно-тракторних агрегатів (МТА) можна виразити наступними узагальненими показниками: продуктивністю і агротехнічною якістю виконуваної операції при низькій питомій собівартості робіт. Система машин і механізмів є матеріально-технічною базою комплексної механізації виробничого циклу. Вона являє собою сукупність окремих (МТА), машин і механізмів, взаємно доповнюючи друг друга [1].

Реакції, що діють на ходову систему, прикладені в миттєвих центрах переміщення, отже, їх робота дорівнює нулю. Кінетична енергія агрегату як сума кінетичної енергії поступально рухомих і обертових мас визначається за виразом [2]:

$$E_k = \frac{v^2}{2} (m_1 + m_2), \quad (1)$$

де m_1 – зведена маса трактора, Н; m_2 – зведена маса сільськогосподарських машин в агрегаті, Н.

Зміна кінетичної енергії агрегату визначимо, диференціюючи вираз за швидкістю [2]:

$$\Delta E_k = VdV \cdot (m_1 + m_2). \quad (2)$$

Використовуючи теорему про зміну кінетичної енергії механічної системи, отримаємо:

$$(P_{руш} - \sum P_c) \cdot dS \cdot \cos \alpha = VdV \cdot (m_1 + m_2). \quad (3)$$

При рівномірному русі, що здійснюється при постійній миттєвій швидкості, енергія двигуна витрачається на подолання сил опору руху. В даному випадку тягова сила на ведучих колесах в будь-який момент часу дорівнює сумі сил опору руху, і, як наслідок, прискорення машини у цих випадках дорівнює нулю.

З точки зору класичної механіки роботу МТА при виконанні технологічної операції необхідно оцінювати, як несталий рух системи, тобто при $P_{руш} \neq \sum P_c$ виконується умова, що $dv/dt \neq 0$. Інноваційне спрямування дослідження тягової динаміки трактора полягає у вирішенні оберненої задачі: при відомому dv/dt оцінити величини сил $P_{руш}$ і $\sum P_c$.

Для полегшення аналізу додаткових втрат в сталому режимі руху необхідно ввести поняття додаткової рушійної сили, яка задає коливання dv/dt :

$$P_{руш} - \sum P_c = \Delta P_{руш}. \quad (4)$$

Умовою прискорення агрегату є позитивне значення $\Delta P_{руш}$ – уповільнення негативне. Зміна $\Delta P_{руш}$ може відбуватися як в наслідок зміни факторів формування $P_{руш}$ і $\sum P_c$ (коливання крутного моменту двигуна, властивості агрофону), так і відхилення кута α докладання зусиль від напрямку руху агрегату. Для оцінки ефективності режиму роботи агрегату – запишемо основний закон динаміки в такий спосіб:

$$m_{np} \cdot \bar{a} = \Delta \bar{P}_{руш} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{P}_{руш} \quad (5)$$

де $m_{np} = m_1 + m_2$ – приведена маса агрегату, Н; $\bar{a}$ – прискорення, яке визначає суперпозицію сил $\sum_{i=1}^n \Delta \bar{P}_{руш}$, які впливають на агрегат.

Вектор прискорення з урахуванням парціальних прискорень при координатному способу визначення руху можливо визначати наступним чином:

$$\bar{a} = \ddot{x} \cdot \bar{i} + \ddot{y} \cdot \bar{j} + \ddot{z} \cdot \bar{k}, \quad (6)$$

де $\ddot{x} = \frac{d^2x}{dt^2}$, $\ddot{y} = \frac{d^2y}{dt^2}$, $\ddot{z} = \frac{d^2z}{dt^2}$.

Вираз (5) прийме вигляд:

$$m_{np} \cdot \left(\frac{d^2x}{dt^2} \cdot \bar{i} + \frac{d^2y}{dt^2} \cdot \bar{j} + \frac{d^2z}{dt^2} \cdot \bar{k} \right) = \Delta \bar{P}_{pyu} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{P}_{pyu}. \quad (7)$$

Положення в просторі центру мас агрегату задамо застосовуючи радіус-вектор, відновлений з початку координат:

$$\bar{r} = a_x \cdot \bar{i} + a_y \cdot \bar{j} + a_z \cdot \bar{k}, \quad (8)$$

де a_x, a_y, a_z – проекції вектора a на відповідні осі.

$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ – модуль повного прискорення.

З аналізу положення векторів парціальних прискорень можна стверджувати, що будь-які відхилення вектора сумарного прискорення a в напрямку осей ординат і абсцис викликають шкідливу роботу і втрату енергії. Залежно від знака проекції $\pm a_x$, робота вздовж напрямку руху є додатковою втратою енергії, і в той же час умовою динамічної рівноваги, заснованої на постійній зміні сили P_{pyu} , витраченої на подолання зовнішніх факторів. Умовою динамічної рівноваги є рівність по модулю від'ємних і додатних проекцій вектора $\bar{a}$ при $\sum_{i=1}^n \Delta \bar{P}_{pyu} \rightarrow 0$.

Перелік посилань

1. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику. Киев. Сільгоспосвіта. 1996. 251 с.
2. Костюченков Н.В., Плаксин А.М. Эксплуатационные свойства мобильных агрегатов. Астана. КАТУ им. С. Сейфуллина. 2010. 204 с.

УДК 621:664: 669.01(075)

ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ОТРИМАННЯ

Афтанділянц Є.Г., доктор технічних наук, професор (aftyev@hotmail.com)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Експлуатаційні властивості металевих матеріалів визначаються поєднанням значень таких їх характеристик, як міцність, пластичність, втомна міцність, холодостійкість, в'язкість руйнування, зносостійкість і ряду інших. Найменш сприятливе поєднання зазначених властивостей в вуглецевої сталі, так як підвищення міцності в міру збільшення вмісту вуглецю супроводжується закономірним зниженням пластичності, в'язкості руйнування при кімнатній і від'ємній температурах і ряду інших характеристик. Проблема підвищення зносостійкості матеріалів,

збільшення технічного ресурсу деталей машин і обладнання, що працюють в умовах екстремальних навантажень і активних видів зношування, скорочення незворотних втрат металу, зниження витрат високолегованих дорогих сплавів є однією з найбільш актуальних на сьогоднішній день.

Потрібне поєднання значень тих або інших характеристик експлуатаційних властивостей досягається шляхом оптимізації процесів легування, модифікування і формування спеціальних структур матеріалів і технологій їх виготовлення.

При легуванні і модифікуванні використовують елементи, які забезпечують зменшення структурної неоднорідності, підвищення міцності твердого розчину і ступеня дисперсійного зміцнення металевих матеріалів.

Дисперсійне зміцнення є ефективним способом впливу на процес формування первинної і вторинної структури, а також властивості конструкційних сталей і найбільш технологічно реалізується шляхом модифікування металевих матеріалів азотом і ванадієм.

В умовах дефіциту в країні хрому, молібдену, ванадію, нікелю і інших елементів біметалеві матеріали в конструкціях машин є практично єдиним рішенням при створенні виробів з комплексом диференційованих і спеціальних властивостей.

Перспективним напрямом вирішення проблеми є застосування композиційних матеріалів на основі залізобуглецевих сплавів, що дозволяє істотно підвищити ресурс робочих органів обладнання, забезпечити ефективне використання та значну економію високолегованих сплавів.

Комплексна оптимізація хімічного складу, режимів розкислення і термічної обробки низько – і середньолегованих литих конструкційних сталей з нітрідванадієвим зміцненням забезпечує додаткове підвищення міцності на 200–250 МПа зі збереженням рівня пластичності, прогартуваності в 2,5–3,3 рази; характеристик холодостійкості в 1,5–3 рази, теплостійкості в 1,4–1,8 рази, стійкості до зворотної відпускну крихкості в 1,3–2,8 рази, зносостійкості в 1,4–2,3 рази, втомної міцності на 30–70%.

Удосконалення технології виготовлення біметалевих виливків дозволило в 2,5–6,0 разів збільшити зносостійкість і в 6–8 разів підвищити термін роботи виробів з них, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю 110Г13Л, а витрати дефіцитних і коштовних металів і сплавів (мідь, нікель, титан, хром, марганець) скоротити 1,7–2,0 рази.

Розробка та застосування нової технології виготовлення дисперсезміцнених композиційних виливків забезпечила збільшення зносостійкості композиційних виробів в 2,5–2,9, при цьому термін роботи дробильно – розмельного обладнання з композиційними виливками збільшується в 3,0–3,6 разів при первинному та в 3,6–3,9 разів при вторинному подрібненні матеріалів, в порівнянні з високомарганцевистою сталлю Гатфілда. У випадку подрібнення клінкеру збільшення складає від 2,1 до 3,3 разів в порівнянні з біметалевими виливками.

УДК 631. 362

**ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ
РЕДИСКИ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ**

Бакум М.В., кандидат технічних наук, професор,
Михайлов А.Д., кандидат технічних наук, доцент, **Козій О.Б.**, кандидат
технічних наук, доцент, **Крекот М.М.**, кандидат технічних наук, доцент
(kafedrashm@gmail.com)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Вирішення проблеми підвищення якості насіння редиски пов'язано із створенням нових високоефективних та високопродуктивних засобів механізації. До таких засобів варто віднести віброфрикційні сепаратори, застосування яких відкриває можливості удосконалення технологічного процесу очищення та сортування насіння редиски [1, 2, 3].

Дослідженнями встановлено, що віброфрикційні сепаратори, які розділяють насіннєві суміші за комплексом фізико-механічних властивостей (фрикційними властивостями, пружністю і формою насіння) зарекомендували себе з позитивної сторони при підготовці насіннєвого матеріалу зернових, технічних, овочевих, круп'яних, олійних, насіння трав та інших культур.

Вихідний матеріал насіння редиски був некондиційним [4], тому що в насіннєвій суміші містилося: насіння щетинника сизого – 2,8%, гречишки в'юнкової – 1,6%, проса курячого – 3,9%, дикої редьки – 2,3%, домішок – 3,4%.

За один пропуск через віброфрикційний сепаратор в перші три приймальники потрапило насіння редиски, вміст якого, у порівнянні з вихідним, збільшилось на 12,1%, схожість та енергія проростання, відповідно, підвищились на 10,8% та 8,4%. Вихід насіння основної культури цих приймальників складає 31,7%.

Маса 1000 насінин редиски у перших трьох приймальниках, зростає, у порівнянні з масою 1000 насінин вихідної суміші, на 2,09 г.

При виході насіння редиски 33,9% четвертої фракції вміст насіння основної культури, у порівнянні з вихідним насінням, підвищився на 11,4%, схожість – на 9,3%, енергія проростання – на 7,8%, маса 1000 штук насінин – на 1,82 г.

Вміст насіння основної культури п'ятої фракції, у порівнянні з вихідним насінням, збільшився на 10,6%. Схожість, енергія проростання та маса 1000 насінин підвищились, відповідно, на 8,5%; 6,9%; 1,42 г.

У шостий-восьмий приймальники надходило некондиційне насіння редиски з великим вмістом насіння бур'янів, відповідно: 16,4%, 29,1%, 36,8% і значним вмістом домішок: 12,4%, 19,7%, 34,1%.

У останніх трьох приймальниках (шостий-восьмий) спостерігалось зменшення маси 1000 насінин, від 0,4 г до 4,3 г, відповідно до маси 1000 насінин вихідної суміші.

Запропонований спосіб доочищення та сортування насіння на віброфрикційному сепараторі підтвердив ефективність його застосування для підготовки високоякісного насіння редиски.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що при доочищенні та сортуванні на віброфрикційному сепараторі насіння редиски, після його післязбиральної обробки на зерноочисних машинах загального та спеціального призначення, є можливість із насінневої суміші виділити важковідокремлюване насіння бур'янів та домішки з одночасним відбором у відхід неповноцінного насіння основної культури (травмованого, щуплого, недорозвиненого та ін.).

Впровадження віброфрикційного сепаратора для доочищення та сортування насінневих сумішей редиски дозволяє із некондиційного насінневого матеріалу отримати насіння, яке відповідає високим посівним кондиціям (до 90%), що в свою чергу дає можливість зменшити його норму висіву та при цьому отримати більш високі та сталі врожаї.

Використання віброфрикційного сепаратора, у порівнянні з іншими зерноочисними машинами, зменшує матеріалоемність, енергоємність і дає значний економічний ефект.

Перелік посилань

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 3, розділ 7. Очистка і сортування насіння. Харків. Око. 2006. 407 с.
2. Заїка П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. Москва. Колос. 1978. 287 с.
3. Заїка П.М. Вибрационные семяочистительные машины и устройства. Москва. МИИСП. 1981. 141 с.
4. Державний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур Сортів та посівні якості Технічні умови. ДСТУ 2240-93. Київ. 1994. 73 с.

УДК 631.374:631.362

АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА НАДІЙНІСТЬ

Банний О.О., кандидат технічних наук (bannyu@nubir.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Надійність як самостійна наука набула свій розвиток внаслідок ускладнення техніки, що почала представляти собою деякі самостійні функціонально завершені системи [1]. Об'єднання елементів, агрегатів,

підсистем в єдині комплекси поставило завдання забезпечення надійності роботи на більш високий рівень. Особливо відчутна необхідність в дослідженні надійності складних систем виникла в тих галузях, де відмови систем приводили до значних технічних, економічних або екологічних негативних наслідків.

Робота в галузі надійності систем базується насамперед на використанні різних засобів моделювання. Відносно простим і доступним себе зарекомендував метод побудови дерева відмов. Він дозволяє прослідкувати логіку формування відмов систем, послідовність їх виникнення і виявити причини їх появи. Метод переважно носить графічний характер з аналітичним описом уже прийнятої графічної побудови. Це обмежує можливість його використання при прогнозуванні надійності можливих станів системи. Реалізація метода вимагає достатньо великих затрат часу і зусиль для перебору можливих варіантів, особливо при проявленні декількох видів відмов.

Для систем, що зводяться до найпростіших послідовних або паралельних з'єднань, широко використовується біноміальні формули розрахунків. Їх обмеженість обумовлена характером самих з'єднань. Однак слід зауважити, що в багатьох випадках відносно прості механічні системи і зводять до таких розрахунків. Доцільно при цьому використовувати метод декомпозиції складних систем [2] тобто розкладання їх на прості ділянки, які потім розраховуються згідно відповідних формул.

Надійність нескладних технічних систем може розраховуватися методом поступового перетворення і спрощення початкової схеми. Але використовувати такий підхід можливо тільки в переконанні незалежності елементів стосовно їх надійності і для проявлення раптових відмов.

Динаміка зміни станів систем при втраті їх працездатності з встановленням показників надійності функціонування аналітично з достатньою точністю моделювання може бути описана системами стохастичних диференціальних рівнянь балансу ймовірностей рівнянь Колмогорова. Метод відкриває широкі можливості для наукових досліджень поведінки систем, втрати їх працездатності (старіння) в процесі експлуатації. З урахуванням можливостей резервувань елементів, що лімітують рівень надійності систем, відкриваються можливості пошуку їх оптимальних структурних побудов. Даний аналітичний метод моделювання надійності перспективний для синтезу нових більш ефективних в експлуатації систем. Деякими недоліками його є складність і багатомірність математичних перетворень, які необхідно вирішити при розв'язуванні завдань. Другу проблему складають параметри інтенсивностей (λ , μ – характеристики), які при теоретичному дослідженні, як правило, невідомі і невідомі закони їх змін в процесі старіння чи омолодження систем. Однак орієнтовні значення цих параметрів можуть бути покладені в дослідження на підставі даних поведінки аналогів вузлів і

деталей машин, або виявлені окремим фізичним чи імітаційним моделюванням.

Слід зауважити, що визначення показників надійності для механічних систем завжди представляли і представляють певні труднощі внаслідок багатофакторності і великих розмірностей завдань. Тому для їх вирішення існує багато методів. Знайшов поширення елементний метод, тобто розподіл показників надійності по елементах системи. Припущення, що вводяться в завдання і необхідні спрощення для математичної формалізації моделювання суттєво впливають на кінцевий результат, знижуючи його достовірність.

Вирішенню проблем надійності через об'ємну міцність матеріалів присвячені роботи В.А. Аніловича [3]. Дослідження мають практичну цінність, але орієнтовані на проявлення раптових відмов, залишаючи за межами моделювання поступові відмови, що формуються внаслідок корозії, зношування, тощо.

В останній час все більшого поширення знаходить логіко – ймовірнісний метод дослідження надійності складних технічних структур. Даний метод розширює можливості аналізу надійності складних систем у напрямку застосування його при неможливості побудови структурних схем що розгортаються у послідовно-паралельні з'єднання. Це надає методу універсальність використання і можливість практичного застосування для багатьох реальних задач оцінки надійності складних систем. Ефективне впровадження логіко-ймовірнісних підходів потребує відповідних знань алгебри-логіки і в багатьох випадках створення моделей надійності складних систем проведення достатньо громіздких об'ємних розрахунків.

Перелік посилань

1. Дилон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем. Москва. Мир. 1984. 318 с.
2. Половко А.М. Сборник задач по теории надежности. Москва. Советское радио. 1972. 407 с.
3. Анилович В.Я. Теория надежности и проектирование машин. Вісник ХДТУСГ. Харків. 2000. С. 13–20.

УДК 631.356.2

ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ОЧИСНИКА

Барановський В.М., доктор технічних наук, професор
(baranovskyvm@ukr.net)

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль*

Теслюк В.В., доктор сільськогосподарських наук, професор (vtesluk@i.ua)

Онищенко В.Б., кандидат технічних наук, доцент
(vb0505838317@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Основним фактором зміни технологічних властивостей процесу сепарації домішок є переміщення компонентів вороху коренеплодів по робочих органах очисників, яке можна подати у вигляді функціональної залежності, що характеризує взаємозв'язок цих переміщень, або руху ґрунтових домішок (випадок *I*, рисунок) і коренеплодів (випадок *II*) залежно від зміни параметрів процесу (властивостей компонентів, параметрів робочих органів тощо).

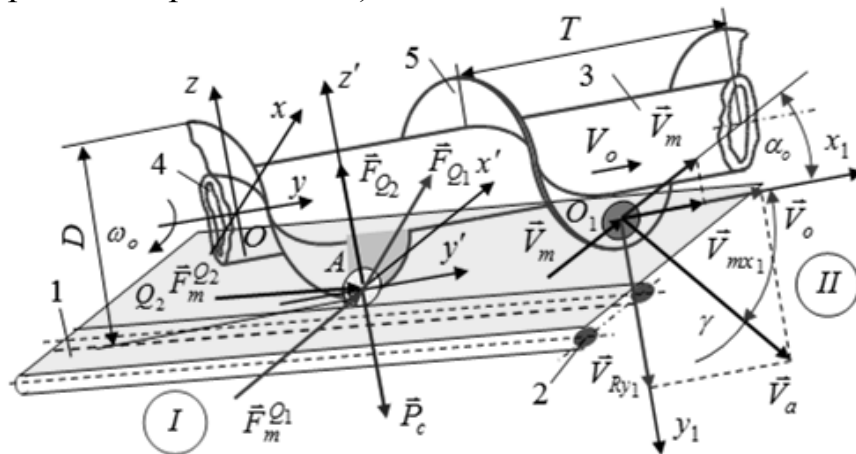


Рис. Схема до розрахунку руху компонентів вороху коренеплодів по поверхнях робочих органів очисника

У випадку *I* (рисунок) переміщення ґрунтових домішок формалізовано, як рух ґрунтового середовища (сипучого ґрунту та грудок ґрунту) по поверхні витків 5 шнека 3 і прутків 2 транспортера 1. При цьому рух ґрунтового шару, який представлено у вигляді зв'язаного матеріального тіла масою m_c , що приведенне в точку *A* нерухомої системи координат $Ax'y'z'$ і знаходиться на гвинтовій поверхні Q_1 витка шнека та прутках, робоча поверхня яких утворює поверхню Q_2 та на яке діють: сила тяжіння $\vec{P}_c = (-\rho_c V_c \vec{g}; 0; 0)$, де ρ_c , V_c – питома маса (кг/м³) і об'єм (м³)

грунту; сили реакції витка $\vec{F}_{Q_1} = f_{Q_1} \vec{j}_{Q_1} \sin \alpha_n$ та сила реакції прутків $\vec{F}_{Q_2} = \sum_{i=1}^{z_n} \vec{F}_{Q_2}^i = f_{Q_2} \vec{j}_{Q_2} z_n$, де f_{Q_1} , f_{Q_2} – нормальна реакції в'язі відповідної поверхні, $\alpha_n = \arctg(T / \pi D)$ – кут підйому гвинтової лінії витків шнека, град, T , D – крок і діаметр шнека (м), $\vec{j}_{Q_1}$, $\vec{j}_{Q_2}$ – одинична нормаль до відповідної поверхні, z_n – кількість контактуючих прутків; сила тертя ковзання тіла $\vec{F}_m^D = -f_m^{Q_1} |\vec{F}_{Q_1}| ((\vec{R}_A / dt) - \vec{V}_{Q_1}) / |(\vec{R}_A / dt) - \vec{V}_{Q_1}|$ по поверхні Q_1 , сила тертя ковзання тіла $\vec{F}_m^{Q_2} = -f_m^{Q_2} \left| \sum_{i=1}^{z_n} \vec{F}_{Q_2}^i \right| \sin \varphi_o ((\vec{R}_A / dt) - \vec{V}_m) / |(\vec{R}_A / dt) - \vec{V}_m|$ по поверхні Q_2 , де $f_m^{Q_1}$, $f_m^{Q_2}$ – коефіцієнт тертя ковзання відповідної поверхні, $\vec{R}_A$ – біжучий вектор положення тіла в площині $Ax'z'$, $\vec{V}_{Q_1}$, $\vec{V}_m$ – вектор швидкості руху відповідної поверхні Q_1 та Q_2 відносно точки $\vec{R}_A(t)$, при цьому $\vec{R}_A(t) = [z'_A(t); x'_A(t); y'_A(t)]$.

Введемо нерухому просторову систему координат $Oxyz$ (рис. 3.11) у якій вісь Oy співпадає з віссю обертання шнека, а вісь Ox розташована горизонтально площині Q_2 та додаткову систему координат $Ax'y'z'$, яка безпосередньо зв'язана з центром приведеної маси m_c , тобто точкою A .

Поряд з обертальним рухом шнека на кут повороту $\varphi_A(t) = 2\pi(d\varphi_o / dt)t + \varphi$, де φ_A – кут, який визначає положення матеріального тіла відносно вертикальної площини $x'Az'$ за час повороту t , $d\varphi_o / dt = \omega_o$ – кутова швидкість шнека (рад/с), $\varphi = const$ – відносний кут повороту шнека при $t = 0$, $d\varphi / dt = \omega$ – кутова швидкість відносного руху матеріального тіла, шнек здійснює плоско паралельний рух у площині $x'Ay'$, переміщення якого задано канонічним рівнянням $[z'_A(t); y'_A(t); x'_A(t)] = [z'_A(t); y'_A(t); 0]$, $t \geq 0$, де за умови $y' = 0$ z'_A і y'_A можна задати у вигляді:

$$\begin{aligned} z'_A(t) &= -f[\varphi_A(t) \cos \varphi_A(t)] + g[\varphi_A(t) \sin \varphi_A(t)]; \\ y'_A(t) &= -f[\varphi_A(t) \sin \varphi_A(t)] - g[\varphi_A(t) \cos \varphi_A(t)] \end{aligned} \quad (1)$$

Рішення задачі зводиться до знаходження реакцій в'язі поверхні витка шнека f_{Q_1} та поверхні прутка транспортера f_{Q_2} .

З урахуванням канонічного рівняння обертання шнека та його поступального руху згідно з (1), отримано:

$$\vec{V}_{Q_1} = \frac{d}{dt}[0,5D \cos \varphi_A(t); 0,5D \sin \varphi_A(t); 0] + \frac{d}{dt}[z'_A(t); x'_A(t); 0], \quad (2)$$

або

$$\vec{V}_{Q_1} = (-2\pi(d\varphi_o / dt) \cdot x' + dz'_A / dt; (dy'_A / dt) + 2\pi(d\varphi_o / dt) \cdot z'; 0). \quad (3)$$

У результаті рішення системи рівнянь руху грудок ґрунту приведеною масою m_c у нерухомі системі координат Oxy , яку складено згідно з класичними законами механіки відносно одиничних нормалей $\vec{j}_{Q_1}$, $\vec{j}_{Q_2}$, отримано:

$$f_{Q_1} = 2\rho_c V_c \left[\frac{\frac{f_m^{Q_2} \pi^2 D z_n \frac{d\varphi_o}{dt}}{2 \left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_m \right|} \left[D \left(\frac{d\varphi_o}{dt} \right)^2 + g \cos \varphi_o \right] + \pi g (\sin \varphi_o + \operatorname{ctg} \alpha_n)}{1 + \frac{2\pi f_m^{Q_1}}{\left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_{Q_1} \right|} \left(\frac{d(x'_A)}{dt} \cos \varphi_o - \frac{d(z'_A)}{dt} \sin \varphi_o - f_m^{Q_2} \left(\frac{d(y'_A)}{dt} \sin \varphi_o + \frac{d(z'_A)}{dt} \cos \varphi_o \right) \frac{\pi D (d\varphi_o / dt)}{\left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_m \right|} \right)} \right]; \quad (4)$$

$$f_{Q_2} = \rho_c V_c \left[0,5 D \left(\frac{d\varphi_o}{dt} \right)^2 + g \cos \varphi_o \right] + \left[\frac{d(z'_A)}{dt} \cos \varphi_o + \frac{d(x'_A)}{dt} \sin \varphi_o \right] \sin \alpha_n + f_m^{Q_1} f_{Q_1} \sin \varphi_o \frac{\left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \frac{d}{dt} [0,5 D \cos \varphi_A(t); 0,5 D \sin \varphi_A(t)] - \frac{d}{dt} [z'_A(t); x'_A(t); 0] \right|}{\left| \frac{d\vec{R}_A}{dt} - \vec{V}_{Q_1} \right|}. \quad (5)$$

УДК 62-69

МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ

Білик С.Г., кандидат технічних наук, доцент (Bilikstefania@gmail.com)

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,

м. Бережани

Виникнення енергетично-паливної кризи в країні призвело до нераціональності використання газових котлів конструкції 70-80-х років. Особливо гостро це питання піднімається в приватних садибах, дитсадках, школах тощо. Вирішення цієї проблеми можливе двома шляхами – реконструкцією всієї системи опалення, що несе за собою великі капіталовкладення, або заміна котла на більш економічний, чи котел на твердому паливі, причому, раціонально в даному випадку, використовувати твердопаливний котел тривалого горіння. Застосування

твердопаливних котлів без реконструкції системи опалення, набуває найбільшого поширення. Цьому також слугують запаси твердого палива. Поряд з тим, наявний ринок котлів вітчизняного виробництва наповнений технічними рішеннями, використаними у закордонних аналогах. Тобто швидкий темп виробництва не підкріплений науково-обґрунтованими розробками, не має точних методів розрахунку тепломасообмінних процесів в елементах котла та методів оцінки ефективності такого обладнання. Застосування різноманітних методів розрахунку твердопаливних котлів для забезпечення потреб народного господарства є важливою складовою процесу вдосконалення галузі в цілому. Тому є раціональним розробити методи розрахунку твердопаливних котлів невеликої потужності, що дозволить в значній мірі зменшити витрати на потреби в тепловій енергії.

Для теплового розрахунку котлів використовується нормативний метод, в основу якого покладено емпіричні залежності, отримані при випробуваннях великих енергетичних котлів [1]. Теплообмін в топках малих котлів має істотну відмінність від аналогічних процесів в топках енергетичних котлів, це пов'язано з їх малими розмірами та відмінностями в режимних параметрах роботи, що впливає на фізичні умови протікання процесу, призводить до зниження теплообміну випромінюванням і зростанням частки конвекції в складному теплообміні. Тому, при розрахунку теплообміну в топках котлів малої потужності, використання нормативного методу, що враховує тільки теплове випромінювання, призводить до суттєвих помилок

Аналіз відомої літератури показав недостатність інформації щодо теплових та аеродинамічних розрахунків інтенсифікованого теплообміну в жаротрубних котлах малої потужності, а також недостатню кількість даних про дослідження показників роботи котлів малої потужності з інтенсифікацією теплообміну.

Проведений аналіз показує, що при розрахунку котла виконують спочатку перевірочний тепловий розрахунок котла, а потім конструктивний тепловий розрахунок котла.

Методика теплового розрахунку котла, що наведена в Нормативному методі, включає перевірочний і конструктивний розрахунки котлів [2]. В моделі розрахунку теплового балансу, згідно з Нормативним методом, наявна велика кількість складових, які в конструкції твердопаливного котла малої потужності відсутні, такі, наприклад, як водяний економайзер, повітропідігрівач та ін. Враховуючи конструкцію таких котлів, як твердопаливний котел тривалого горіння або піролізний котел, можна зробити висновок, що даний метод недостатньо враховує особливості конструкції та режиму роботи котлів малої потужності. Проте є раціональним застосування даного методу за умови врахування конструктивних особливостей твердопаливних котлів потужністю

до 100 кВт. З урахуванням розрахункових та конструктивних особливостей, модель розрахунку твердопаливних котлів набуде наступного вигляду (рис. 1).

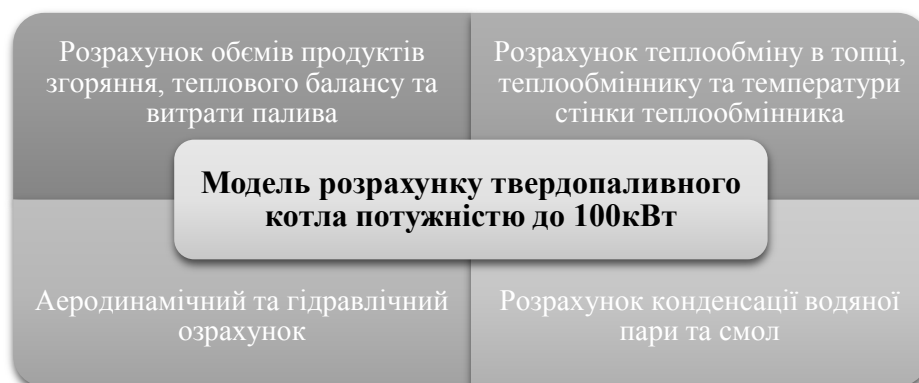


Рис. 1. Модель розрахунку твердопаливного котла малої потужності.

Проведений аналіз різних видів розрахунків котлів для опалення приміщень показав, що в основному розрахунки котлів виконують Нормативним методом. Проте, цей метод як такий, раціонально використовувати лише для котлів великої потужності. Оскільки методам розрахунку котлів невеликої потужності уваги приділяється недостатньо, запропоновано модель розрахунку твердопаливного котла потужністю до 100 кВт, яка базується на Нормативному методі при врахуванні особливостей теплового розрахунку твердопаливних котлів малої потужності.

Перелік посилань

1. Тепловой расчёт котельных агрегатов (нормативный метод). Ленинград. НПО ЦКТИ. 1973. 260 с.
2. Степанов Д.В., Боднар Л.А. Енергетична та екологічна ефективність водогрійних котлів малої потужності: монографія. Вінниця. ВНТУ. ГНК. 2010. 250 с.
3. Фалендиш А.П., Клецька О.В., Бітюра Є.А. Модель розрахунку твердопаливного котла невеликої потужності. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2016. Вип. 166. С. 185–190.

UDK 620.95(075.8)

DEVELOPMENT OF HYDRODEOXYGEN REACTOR FOR PRODUCTION OF HIGH-ENERGY BIOFUEL

Kaletnik Grygorii, Academician of NAAN

Vinnytsia National Agrarian University of Ukraine, Vinnytsia

An increase in the use of biofuels is a priority direction of the country's energy development. The future of Ukraine depends on the implementation and

development of alternative and renewable energy sources. One of the ready-made sources of concentrated energy is vegetable oils and the product of their processing, which form the basis for the production of biodiesel.

Perspectives of bioenergy stimulates the creation of new technologies for the production of renewable fuels, the development of effective catalysts for them and the study of the chemistry of the processes which underlying in their production.

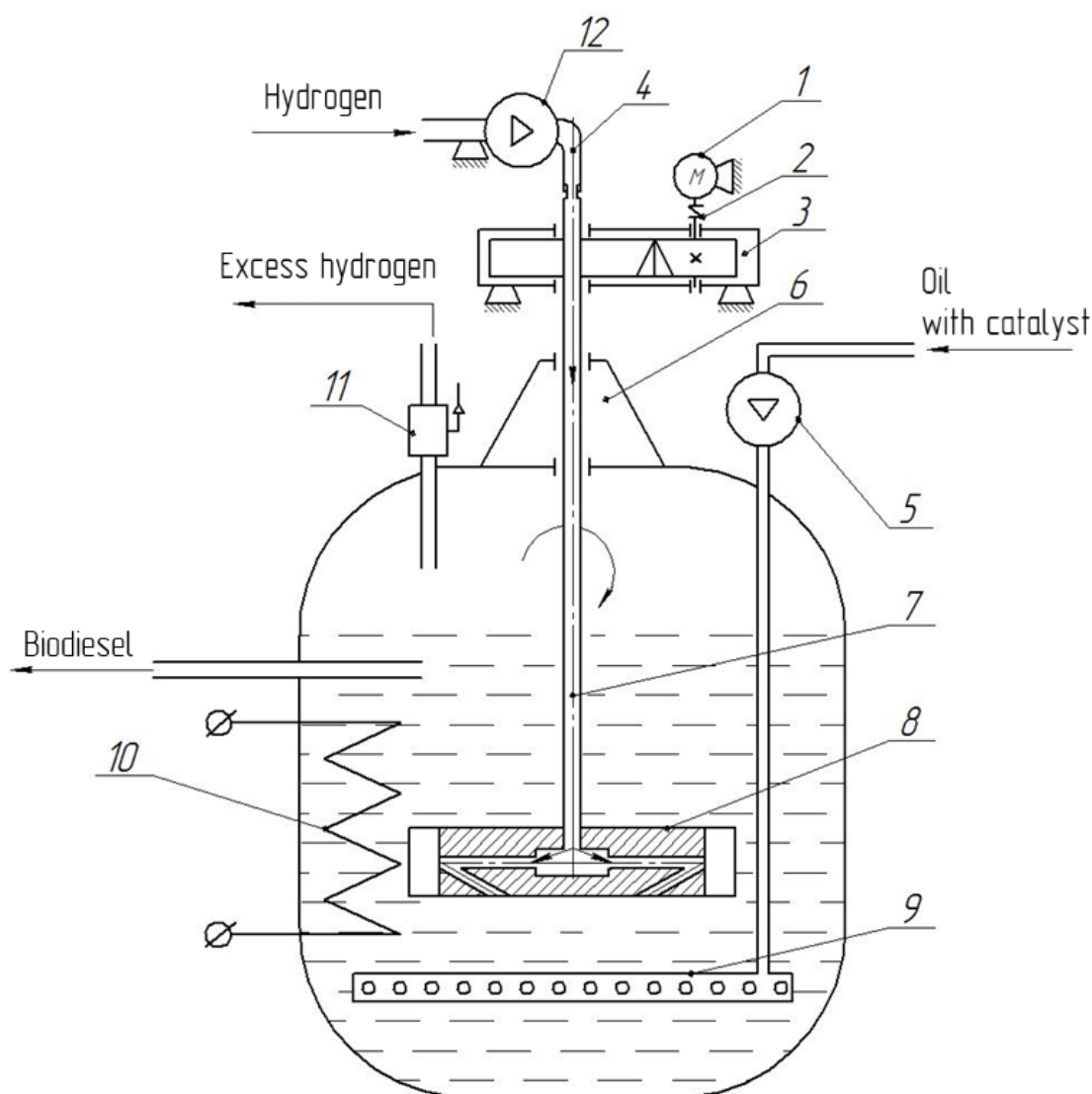


Fig. Hydrodeoxygen reactor: 1 – electric motor; 2 – clutch; 3 – reducer; 4 – flexible nozzle; 5 – oil supply system; 6 – reactor chamber; 7 – hollow shaft; 8 – mixing device; 9 – oil supply system; 10 – heaters; 11 – compensating manometer; 12 – manometer for hydrogen supply.

In general, industrial production of biodiesel is carried out through the processing of triglycerides, which are the basis of various oils and fats by their re-etherification, followed by the production of methyl (ethyl) esters of fatty acids.

The promising direction of obtaining high-energy biofuels on the basis of hydrocarbon coupling is the hydrodeoxygenation of fats of plant and animal origin.

On the basis of the analysis of technological aspects of biofuel production, the main directions of research were determined, the essence of which is the development of a fundamentally new reactor scheme that could realize the idea of highly active saturation of oily feedstock with hydrogen compounds, provided the formation of a stable high-energy mixture.

This problem is solved by creating a hydrodeoxygenation reactor, which, due to the change in the design of the mixing device and the hydrogen supply system, provides a comprehensive mechanical and barothermic effect on the oil content of the raw material, which results in an intensification of the hydrogen saturation process of the oil raw material.

In Fig. the principal scheme of the developed hydrodeoxygen reactor is presented. From the chemical point of view, the principle of operation of the reactor is to catalyze the hydrogenation of oil-bearing raw materials to the corresponding alkanes. That is, the glycerin fragment of the triglyceride is hydrated to the corresponding alkane and propane, thus removing the glycerin by-product. Since during this process the oxygen molecules is removed from oil, the resulting diesel fuel is not oxidised, as in the case of biodiesel, obtained by the method of re-esterification. In contrast to the yellow-colored re-esterification biodiesel, the final product will have the appearance of a transparent, colorless paraffin with high cetane number (85 to 99) and better properties than petroleum diesel. Since the product is chemically identical to traditional diesel fuel, it is not necessary to make changes to the design of the engine or the use of special safety measures.

The use of the developed equipment and technology will allow to obtain high-energy biofuels on the basis of fatty acids with extended temperature ranges of its operation and an increased detonation characteristic of work.

УДК 621.891:631.31

**НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ
ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ТА ПОСІВНИХ МАШИН**

Борак К.В., кандидат технічних наук (koss1983@meta.ua)

Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир

Дворук В.І., доктор технічних наук, професор

Національний авіаційний університет, м. Київ

У розвинутих країнах витрати зумовлені тільки наслідками абразивного зношування, становлять від 1 до 4% національного продукту [1]. Дослідження механізму абразивного зношування присвячена велика кількість робіт. В лабораторних і експлуатаційних умовах досліджено природу абразивного зношування та вплив багатьох факторів на механізм абразивного зношування, але багато в цьому процесі залишається невиясненим. В агропромисловому комплексі найбільше абразивному

зношуванню піддаються робочі органи ґрунтообробних та посівних машин, які взаємодіють з ґрунтовим середовищем.

Ґрунтообробні та посівні машини займають одне з провідних місць в структурі машинно-тракторного сучасних сільськогосподарських підприємств. Втрата працездатного стану під час проведення польових робіт може суттєво вплинути на урожайність сільськогосподарських культур. Відповідно пошук шляхів підвищення надійності та довговічності ґрунтообробних машин має велике значення для агропромислового комплексу України.

Дана проблема повинна вирішуватися зусиллями конструкторів, технологів, дослідників та працівників аграрних підприємств.

В ґрунтообробних та посівних машинах в більшості випадків лімітуючим довговічність машин елементом є робочий орган (якщо вважати його складовою машини, а не інструментом, як при розрахунку рівностійкості машин. Тому суттєво підвищити показники надійності та довговічності ґрунтообробних та посівних машин можливо за рахунок підвищення зносостійкості робочих органів.

В наш час в більшості випадків підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин зводиться до покращення триботехнічних характеристик поверхні (за рахунок вибору матеріалу, способу зміцнення, термообробки) та геометричної форми робочих органів.

На нашу думку дослідники не приділяють необхідної уваги експлуатаційним способам підвищення зносостійкості робочих органів, а саме: організація зберігання (80...90% часу ґрунтообробні машини знаходяться на зберіганні, де піддаються корозії, що суттєво інтенсифікує процес зношування поверхні), оптимізації режимів роботи машин (експлуатація при певній вологості ґрунту з певною швидкістю, в період коли ґрунт володіє найнижчою абразивною здатністю, що забезпечить мінімальну швидкість зношування), своєчасна очистка від поживних рештків (в соку рослин наявні амінокислоти, що здатні викликати процеси на поверхні робочих органів, які інтенсифікують процес зношування), постійний нагляд за робочими органами. Саме тому необхідно провести дослідження впливу експлуатаційних факторів на підвищення зносостійкості робочих органів та розробити рекомендації, що дозволять підвищити зносостійкість при правильних умовах експлуатації та правильному вибору технологічних та конструкторських методів підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних та посівних машин для кожної ґрунтово-кліматичної зони України.

Перелік посилань

1. Tylczak J.H. Abrasive wear. ASM Handbook. Materials Park, OH, ASM International. 1992 (18). P. 184–190.

УДК 539.3

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ РОЗТЯГУ (СТИСКУ) МАЛОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

Буняк І.І. (college_316@ukr.net)

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж»,
м. Бережани

Якщо зовнішні сили, прикладені до кінця бруса діють вздовж осі бруса і направлені в різні сторони, то він працює на деформацію розтягу (стиску). Визначення напруження в будь-якій точці поперечного перерізу при розтягу проводиться на основі гіпотези плоских перерізів (Я. Бернуллі) – нормальна сила є рівнодійною внутрішніх сил в поперечному перерізі:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (1)$$

де σ – нормальне напруження в поперечному перерізі; N – поздовжня сила; A – площа перерізу.

Експериментально доказано залежність між поздовжньою і поперечною деформацією через коефіцієнт Пуассона:

$$\text{поздовжня деформація } \varepsilon = \pm \frac{\Delta l}{l}; \quad (2)$$

$$\text{поперечна деформація } \varepsilon' = \mp \frac{\Delta b}{b}; \quad (3)$$

$$\text{коефіцієнт Пуассона } \mu = \frac{|\varepsilon'|}{|\varepsilon|}; \quad (4)$$

Між нормальною напругою і поздовжньою деформацією залежність виражається законом Гука.

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (5)$$

або

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE}, \quad (6)$$

де E , AE – характеризує жорсткість матеріалу.

В деяких випадках потрібно враховувати температурні видовження матеріалу:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha t, \quad (7)$$

або

$$\Delta l = \frac{Nl}{AE} + \alpha t l, \quad (8)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення, t – температура.

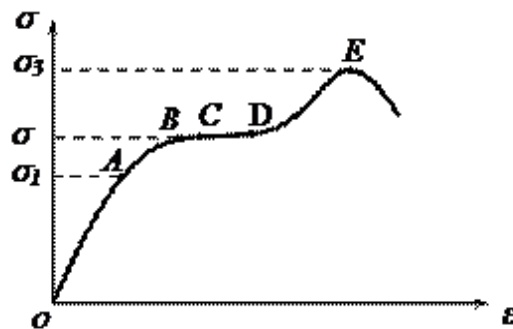
Якщо нормальне напруження в різних перерізах не однакові (через зміну вздовж осі сил та площі поперечного перерізу) в таких випадках будують епюри нормальних напружень, які наглядно характеризують напружений стан бруса по всій довжині.

При виборі матеріалу дані про механічні властивості отримують експериментально в процесі дослідження експериментальних зразків на

розтяг на розривній машині. Для прикладу розглянемо діаграму при розриві зразка низьковуглецевої сталі і її характерні точки А-границя пропорційності. Видовження зростає пропорційно, тобто діє закон Гука.

В, С-границя текучості, де видовження зростає не пропорційно. Зразок видовжується без збільшення навантаження Е – після закінчення текучості зразок знову починає опиратися і видовжується доходячи до максимального навантаження, яке називається границею міцності (при цьому в одному з місць починає утворюватись витончення (шийка) К-точка розриву, де навантаження спадає до руйнування металу.

Пружні властивості після границі текучості називаються «наклепом».



При проектуванні елементів конструкції необхідно визначити розміри, що забезпечують безпечну роботу. Тому потрібно, щоб розрахункове напруження було нижче фактичного (граничне, при якому виникають деформації руйнування). Їх співвідношення виражає коефіцієнт запасу міцності.

При розрахунках коефіцієнт запасу міцності задається попередньо, який називається нормативним, або допустимим і повинен бути більший фактичного.

Звідси умова міцності:

$$n_1 \geq |n|, \quad (9)$$

де n_1 – фактичний коефіцієнт запасу міцності, n – допустимий коефіцієнт запасу міцності.

Для крихких матеріалів та інших, в яких немає площадки текучості, границю текучості вважають при відносному видовженні 0,2%, а гранично допустиме напруження 0,5%.

З умови міцності при розтягу (стиску) проводять три види розрахунків:

а) проектний – при заданих навантаженнях і вибраному матеріалі визначаємо розміри поперечного січення.

б) при відомих розмірах і матеріалі визначаємо максимально допустиме навантаження;

в) перевірочний розрахунок.

При відомих навантаженнях, розмірах, матеріалі, проводиться перевірка умови міцності.

Перелік посилань

1. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: підручник. Київ. Вища школа. 1993. 665 с.
2. Цурпал И.А. Краткий курс сопротивления материалов. Київ. Вища школа. 1989. С. 27.
3. Аркуша А.И. Техническая механика. Москва. Вища школа. 1989. 233 с.

УДК 633.63:631.35

АГЕНТНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

Волоха М.П., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
(volmp@i.ua)

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України,
м. Київ*

Агентне моделювання, як один із видів імітаційного – сучасна парадигма, що дозволяє досліджувати нетривіальну поведінку складних систем і приймати на основі побудованої моделі обґрунтовані рішення. Мета агентного моделювання – дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами і законами, а навпаки, ці глобальні правила і закони є результатом індивідуальної активності членів таких систем [1, 2].

У той час, як традиційні підходи комп'ютерної імітації (системна динаміка, дискретно-подієве моделювання) не призначені для вирішення подібних завдань, мультиагентні моделі досить успішно з ними справляються. Насамперед, враховується поведінка окремо взятих "особин", тобто агентів системи, в результаті чого стає можливим виявляти досить тонкі особливості колективної поведінки агентів, як елементів системи, враховувати взаємодії їх один з одним і з навколишнім середовищем [3, 4].

Виходячи з наведених засадничих умов моделювання та результатів аналізу досліджень, що стосуються особливостей двоєдиного технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту і сівби буряків цукрових, нами створений алгоритм розв'язання оптимізаційної багатокритеріальної задачі забезпечення максимальної польової схожості насіння, оснований на методі конфігурацій, що деформуються, який реалізується через обчислення значень параметрів технологічного процесу, які залежать від некерованих факторів зовнішнього середовища (вологість, твердість ґрунту, масові характеристики насіння), де взаємодіють агенти

імітаційної моделі «грунт», «насінина» та «агрегат» з основними початковими параметрами (відхилення від середньої глибини обробітку ґрунту, вміст грудочок $\varnothing < 25\text{мм}$, лабораторна схожість насіння, робоча швидкість агрегата для проведення передпосівного обробітку ґрунту, ширина захвата, маса, потужність двигуна, витрати пального), які є вихідною інформацією для одного циклу оптимізації. Порівняння одержаних значень критеріїв та вибір підходу щодо агрегації отриманих оцінок проводилось шляхом їх нормалізації за шкалою відношень [5, 6, 7].

Перелік посилань

1. Карпов Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5. СанктПетербург. БХВ-Петербург. 2005. 400 с.
2. Borshchev A., Filippov A. The 22nd International Conference of the System Dynamics Society, July 25-29, 2004. Oxford. England. From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Modeling: Reasons. Techniques. Tools.
3. Wellner J., Dilger W. MAPS- A Multi-Agent Production Planning System, Intelligent Agents in Information and Process Management, 1998.
4. Lima R.M., Sousa R.M. and Martins P.J. Distributed production planning and control agent-based system. International Journal of Production Research, 44(18-19). 3693- 3709.
5. Volokha M. Simulation technology of sugar beet. Вісник Національного авіаційного університету. 2014. Т. 61. № 4. С. 133–139.
6. Волоха М.П. Адаптована агентна імітаційна модель технологічних процесів і технічних засобів вирощування буряків цукрових. XIII Міжн. наук.-техн. конф. «АВІА–2017», 19–21 квітня 2017 р. НАУ. Київ. 2017. С. 4.13–4.18.
7. Волоха М.П. Імітаційне моделювання технологічних процесів виробництва буряків цукрових. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2016. Вип. 251. С. 192–201.

УДК 621.928.93

**ПЕРСПЕКТИВНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ЗАПИЛЕНОГО
ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ НА ЗЕРНОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Гаск Є.А. (gaekevgen@gmail.com)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Технологічний процес роботи зернопереробних підприємств супроводжується виділенням пилу. Згідно стандартів [1] концентрація дисперсних частинок на одиницю об'єму повітря обмежена і нормована. Збільшення об'ємів переробки та засміченості зернової суміші призводить

до перевищення нормованої запиленості робочої зони і потребує підвищення ефективності процесу очищення повітряного потоку. Компаніями Cimbria і Akron, відомими в сфері переробки та зберігання зерна, для очищення запиленого повітряного потоку пропонують ротаційні апарати – циклофени.

З аналізу технічних характеристик апаратів можна відмітити [2], що продуктивність циклофенів компанії Akron незначно перевершує свого конкурента Cimbria. Наприклад, за показниками металоємності конструкції і продуктивності транспортованого повітряного потоку. Конструкції включають в себе триступеневе очищення: відділення великодисперсної фази – за допомогою крильчатки; друга ступінь – відділення дрібнодисперсної фази в базовому інерційному циклоні; третя ступінь (рекуперація) - повернення потоку із частинками пилу, що залишилися, на повторне доочищення. Серед суттєвих недоліків циклофенів слід віднести: високу енергоємність процесу очищення; наявність налипання певних дисперсних частинок легких домішок зернових сумішей. Відсутність на виході з циклофена доочищувача, також призводить до виносу дисперсної фази з очищеним повітряним потоком.

Для підвищення ефективності процесу очищення повітряного потоку, пропонується використовувати розроблений циклон [3]. Циклон має активним ротор, на якому встановлений лопатевий завихрювач. Він призначений для надання дисперсним частинкам пилу траєкторій у напрямку периферії. Це сприяє їх відведенню через жалюзі з робочої зони апарату. Дисперсні частинки, що залишилися в запиленому повітряному потоці, за допомогою дискового доочищувача також відводяться через жалюзі. Очищений повітряний потік між дисками і відвідним отвором всередині дисків проходить до вихідного патрубку. Теоретичні дослідження [4] та виробнича перевірка [3] довели підвищення ефективності процесу очистки повітряного потоку, зниження його питомих показників метало- та енергоємності, навіть порівняно з перспективними існуючими конструкціями циклофенів.

Висновки. Використання вискооефективної схеми розробленого ротаційного циклону дозволить забезпечити ефективність очистки повітряного потоку, що відповідає зростаючим вимогам зернопереробних підприємств.

Перелік посилань

1. Standart for the prevention of fires and dust explosions in Agricultural and food processing facilities. NFPA, Quincy: An International Codes and Standards Organization, 2008. 3р.
2. Харченко С.А., Гаєк Є.А. Ефективне очищення запиленого повітряного потоку ротаційними циклонами на зернопереробних підприємствах. Modern methods, innovations, and experience of practical

application in the field of technical sciences. Radom, Republic of Poland. December 27-28, 2017. P. 218–221.

3. Харченко С.О., Гаек Е.А. Способ повышения эффективности процесса очистки воздушного потока и разработка циклона аспирационных систем зерноочистительных машин. Вісник ХНТУСГ: Механізація сільськогосподарського виробництва. Харків. ХНТУСГ. 2013. С. 87–92.

4. Тищенко Л.Н., Харченко С.О., Гаек Е.А. К построению математической модели динамики запылённого воздушного потока в разработанном циклоне. MOTROL. Motorization and power industry in agriculture. Poland. Lublin. 2014. Том 16. № 7. С. 42–46.

УДК 539.374.539.4.015 – 016:62.23(045)

**ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ОПОРНИХ
ВТУЛОК ШЕСТЕРЕНЧАСТОГО ГІДРОНАСОСА НШ-32**

Гловин А.Л. (glovyn.a@ukr.net)

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани*

Знос опорних втулок (підшипників ковзання) є головним фактором, що лімітує гарантійний ресурс роботи шестеренчастого гідронасоса НШ-32. Для відновлення працездатності підшипникових втулок застосовується метод гарячої пластичної деформації, за допомогою якого здійснюють перерозподіл ненавантаженого металу в зони зносу в об'ємі, що дозволяє після чистової механічної обробки отримати деталь, параметри якої відповідають технічним вимогам ремонтного креслення.

Втулки НШ-32 виготовляють з антифрикційного алюмінієвого сплаву АО-3-7 системи Al-Cu-Sn, що містить 7,0-8,5% міді, 2,5-3,5% олова, 0,6-1,2% кремнію, 0,5-0,8% марганцю, і менше ніж 0,5% заліза, 0,2% цинку, 0,35% магнію.

В результаті проведених досліджень встановлено, що мінімальна твердість і максимальна пластичність, при яких слід проводити пластичну деформацію, знаходяться в інтервалі температур 623-673K (350 - 400°C) показано на рис. 1.

Також була визначена температура, при якій необхідно проводити штучне старіння втулок після їх пластичної деформації, протягом 6 годин при температурі 433K (160°C), показано на рис. 2. При цьому зміни розмірів не виявляється, а досягається максимальна твердість, відповідна нормам заводу-виробника.

Мікроструктура відновлених втулок за складом і будовою аналогічна новим (рис. 3, рис. 4): α – твердий розчин, S-фаза – Al_2CuMg , $FeAl_3$, а

також подвійні і потрійні евтектики ($\alpha + \text{CuAl}_2$), ($\alpha + \text{CuAl}_2 + \text{Sn}$), ($\alpha + \text{CuAl}_2 + \text{Si}$).

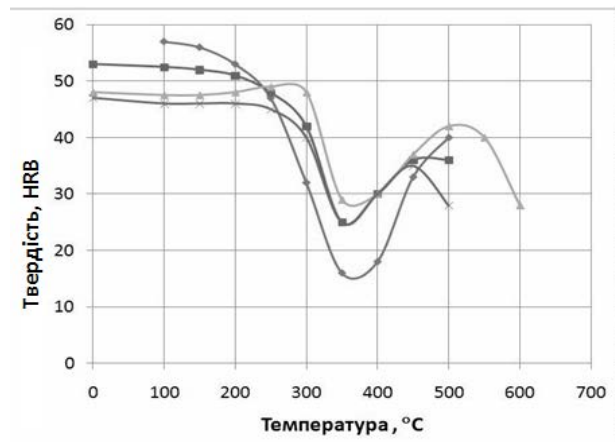


Рис. 1. Вплив температури нагрівання на твердість втулок.

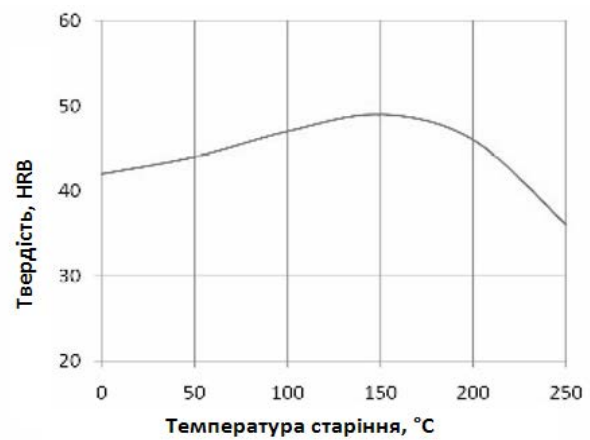


Рис. 2. Вплив температури старіння на твердість відновлених втулок.

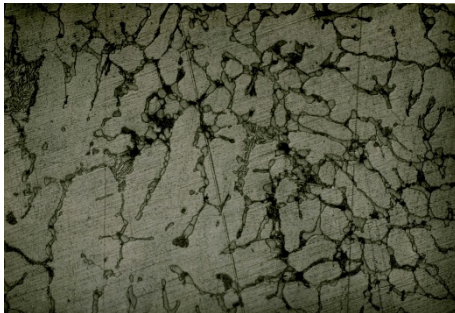


Рис. 3. Мікроструктура відновленої втулки.

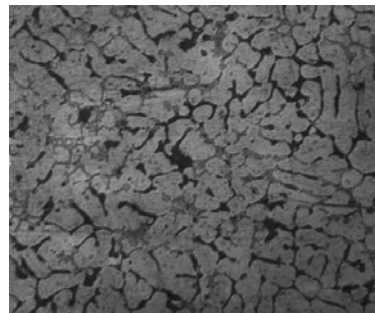


Рис. 4. Мікроструктура нової втулки ($\times 300$).

Перелік посилань

1. Климин В.В., Пасечник В.А., Гловин А.Л. Повышение эффективности работы подшипников скольжения при комплексном восстановлении работоспособности деталей шестеренных гидронасосов с применением метода горячей пластической деформации. Проблемы тертя та зношування. 2008. Вип. 50.
2. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. Москва. Машиностроение. 1964. 236 с.
3. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. Москва. Металлургия. 1981. 648 с.

УДК 631.2.007

**АГРОІНЖЕНЕРІЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ
ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ**

Голуб Г.А., доктор технічних наук, професор (gagolub@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Кухарець С.М., доктор технічних наук, доцент

Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир

Виробництво сільськогосподарської продукції та енергії повинно здійснюватися шляхом диверсифікації, яка передбачає: вирощування польових культур сівозміни з виробництвом зерна та цукрових буряків; збирання соломи зернових культур та стебел ріпаку; залишення подрібнених стебел кукурудзи на полі у вигляді мульчі; виробництво кормів; виробництво продуктів птахівництва, тваринництва та аквакультури; анаеробне зброджування гноївки, осаду аквакультури та гліцеринового осаду з виробництвом тепла та електроенергії із біогазу; використання соломи та стебел на теплові потреби у вигляді рулонів або брикетів; використання соломи зернових культур для виробництва грибів гливи; використання соломи зернових культур та стебел ріпаку, підстилкового гною, посліду та зброженої біомаси для виробництва компосту; виробництво субстрату для вирощування печериць із компосту та виробництво грибів печериць; виробництво дизельного біопалива із насіння олійних культур (рис. 1). Це дозволяє не тільки отримувати органічну сільськогосподарську продукцію, а й забезпечити повну енергетичну незалежність виробництва по рідким паливам (дизельне біопаливо та біоетанол), по тепловим потребам – за рахунок спалювання тюків соломи та частково забезпечити виробництво електроенергією (до 20 %).

Для реалізації наукової концепції такої системи розроблені механіко-технологічні основи подрібнення та загортання сидеральних культур [1], розроблено агрегат для реалізації технологій Strip-till при вирощуванні польових культур, розроблені механіко-технологічні основи та біотехнологічні процеси виробництва ентомологічного препарату трихограми з використанням пневматичного калібратора яєць зернової молі [2, 3], механіко-технологічні основи та біотехнологічні процеси виробництва компостів на основі пташиного посліду та соломи, а також субстратів із наступним виробництвом печериць з використанням пристосованих приміщень [4], інженерні основи виробництва субстратів для вирощування гливи методом ферментації в пастеризаційній камері та обґрунтовані енергозберігаючі режими роботи замкнутої системи вентиляції у спорудах закритого ґрунту [5], розроблено технологію переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами [6], а також механіко-технологічні основи використання скреперних установок для прибирання гною [7].

Наукові дослідження щодо агроінженерії виробництва органічної продукції в агроєкосистемах знайшли своє узагальнення у опублікованій монографії [8].

Для забезпечення енергетичної автономності розроблено біоенергетичний процес виробництва та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій [9], а також розроблені механіко-технологічні основи виробництва та використання дизельного біопалива [10].

Технічне забезпечення вказаних біотехнологічних та біоенергетичних процесів здійснюється за рахунок розробленого обладнання, а саме: пневматичного калібратора яєць зернової молі, обладнання для підготовки біомаси для метанового зброджування, горизонтального циліндричного реактора для виробництва біогазу, біогазового реактора для твердофазної ферментації, обладнання з циркуляційним перемішуванням для виробництва дизельного біопалива та системи двохступеневого підігріву дизельного біопалива, яка встановлюється на дизельний двигун та зменшує перевитрату дизельного біопалива від 5 до 7 відсотків.

Проведена також оцінка потенціалу виробництва дизельного біопалива з технічної олії та зернового вороху олійних культур. Дизельне біопаливо на основі олії отриманої із зернового вороху може замінити потреби у дизельному паливі на 6-7 % від загальної кількості споживання дизельного палива в аграрному виробництві.

Наведені вище дослідження виконані завдяки зусиллям ряду науковців. Серед них кандидат технічних наук, доцент О.І. Кепко, який зараз працює в Уманському національному університеті садівництва. Він виконав роботу, пов'язану із обґрунтуванням енергозберігаючих режимів роботи замкнутої системи вентиляції у спорудах закритого ґрунту і продовжує працювати над створенням ефективних систем опалення та вентиляції. Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник О.М. Гайденко, який працює вченим секретарем, завідувачем науково-технологічного відділу селекції, насінництва і трансферу інновацій Кіровоградської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України. Він захистив кандидатську дисертацію по обґрунтуванню параметрів технічних засобів для пакування субстратів у мішки і продовжує працювати над оптимізацією механізованих процесів збирання та використання соломи і стебел польових культур. Кандидат технічних наук, доцент О.А. Марус, який працює в Національному університеті біоресурсів і природокористування України. Він захистив кандидатську дисертацію по обґрунтуванню параметрів обладнання для виробництва трихограми і продовжує працювати над оптимізацією біотехнологічних процесів виробництва і використання біологічних засобів захисту рослин та біогазу. Кандидат технічних наук О.В. Сидорчук (Дубровіна), яка захистила кандидатську дисертацію по обґрунтуванню параметрів

обладнання для отримання біогазу з використанням обертових реакторів і зараз працює комерційним директором компанії "Ecodevelop" (напрямок діяльності – біогазові комплекси). Кандидат технічних наук М.Ю. Павленко, який працює в Національному університеті біоресурсів і природокористування України. Він виконав роботу по обґрунтуванню параметрів обладнання для відстоювання олії та виробництва дизельного біопалива. Кандидат технічних наук Чуба В.В., який захистив кандидатську дисертацію по обґрунтуванню енергетичних параметрів машино-тракторних агрегатів при роботі на дизельному біопаливі і зараз працює в Національному університеті біоресурсів і природокористування України.

Останнім часом у групу дослідників, які працюють у напрямку агроінженерії виробництва органічної продукції та енергетичної автономності агроєкосистем влилися такі науковці, як кандидат технічних наук, доцент С.І. Павленко, який займається механіко-технологічними основами виробництва компостів, кандидат технічних наук, доцент Я.Д. Ярош, який займається механіко-технологічними основами виробництва газогенераторного газу та створенням енергоефективних сушарок, а також кандидат технічних наук, доцент К.М. Сера, яка працює в напрямку розробки і реалізації технічних систем для механізації та енергопостачання домогосподарств.

Реалізація виконаних розробок та проведення перспективних досліджень дозволяє суттєво підвищити економічну ефективність та енергетичну автономність виробництва аграрної продукції.

Перелік послань

1. Скоробогатов Д.В., Голуб Г.А., Марус О.А. Сидеральні культури. Механіко-технологічні основи подрібнення та загортання. Київ. НУБіП України. 2016. 171 с.

2. Голуб Г.А., Марус О.А., Таргоня В.С. Біотехнологічний процес виробництва ентомологічного препарату трихограми з використанням пневматичного калібратора яєць зернової молі. Київ. НУБіП України. 2016. 108 с.

3. Марус О.А., Голуб Г.А. Виробництво трихограми. Механіко-технологічні основи: монографія. Київ. НУБіП України. 2015. 232 с.

4. Голуб Г.А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи: монографія. Київ. Аграрна наука. 2007. 332 с.

5. Голуб Г.А., Гайденко О.М., Кепко О.І. Інженерія виробництва гливи. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф. 2012. 448 с.

6. Голуб Г.А., Сидорчук О.В., Кухарець С.М. та ін. Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами. За ред. Голуба Г.А. Київ. НУБіП України. 2014. 106 с.

7. Голуб Г.А., Теслюк В.В., Ікальчик М.І., Хмельовський В.С. Скреперні установки для прибирання гною. Механіко-технологічні основи: монографія. Ніжин. Видавець ПП Лисенко М.М. 2015. 184 с.

8. Голуб Г.А., Кухарець С.М., Марус О.А., Павленко С.І., Лопатько К.Г., Скоробогатов Д.В. Механіко-технологічні основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва: монографія. Київ. НУБіП України. 2017. 431 с.

9. Голуб Г.А., Павленко М.Ю., Чуба В.В., Кухарець С.М. Виробництво та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій. За ред. Голуба Г.А. Київ. НУБіП України. 2015. 119 с.

10. Голуб Г. А., Павленко М. Ю., Чуба В. В. Виробництво та використання дизельного біопалива. Механіко-технологічні основи: монографія. За ред. Голуба Г.А. Київ. НУБіП України. 2017. – 340 с.

УДК 631.363.23

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТИСКУ КОРЕНЕПЛОДІВ В БУНКЕРІ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА

Грицай Ю.В. (yurahrytsay@yahoo.com.ua)

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
м. Тернопіль*

Шнековий транспортер-подрібнювач складається з завантажувального бункера, який встановлено зверху на прямої труби (кожуха), всередині якого змонтовано шнековий конвеєр, на спіральних витках якого закріплено Г-подібні ножі-подрібнювачі. На першому етапі проектування та розрахунку параметрів робочих органів шнекового транспортера-подрібнювача необхідно визначити сумарну силу тиску коренеплодів під час їх переміщення із бункера до витка шнекового конвеєра. При цьому сумарна сила тиску повинна бути більшою, або рівною силі нормальної реакції витка, яка виникає в процесі взаємодії коренеплоду з робочою поверхнею витка, який обертається з кутовою швидкістю. На основі теореми Лагранжа-Дирихле про мінімум потенційної енергії можна прийняти припущення, що під час взаємодії витків шнекового конвеєра на коренеплоди 3 (рисунк) нижнього шару останні розташовуються в завантажувальній 1 та вихідній 2 горловині бункера так, що їх можна розділити на ряди, при цьому поздовжня вісь кожного коренеплоду перпендикулярна поздовжній осі шнекового конвеєра, а кожний коренеплід опирається на коренеплід нижнього ряду трьома точками. Більша частина тиску сприймається двома коренеплодами, які знаходяться під широкою (поздовжньою) частиною кореня, а менша частина – третім коренеплодом, тобто один корінь опирається на три коренеплоди.

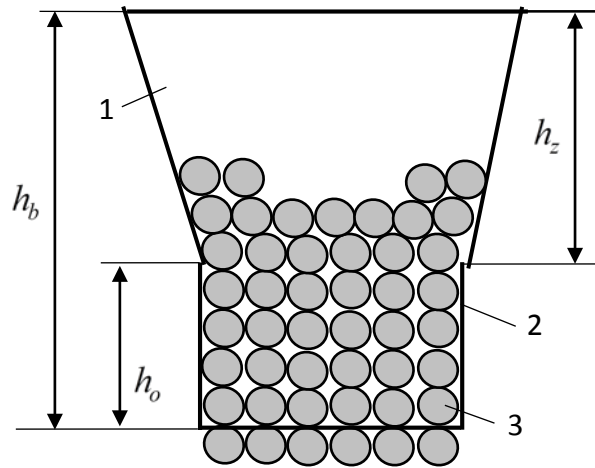


Рис. Схема до розрахунку сили тиску коренеплодів в бункері: 1 – завантажувальна горловина; 2 – вихідна горловина; 3 – коренеплоди.

На основі аналізу, реакції в відповідних точках (в точці контакту головок R_{1k} і в точці контакту хвостових частин R_{2k}) визначаються за формулами:

$$R_{1k} = m_{1k} g l_1 / L_{1k}; \quad R_{2k} = m_{2k} g (1 - l_2 / L_{2k}), \quad (1)$$

де m_{1k} , m_{2k} – маса коренеплоду, кг; l_1 , l_2 – відстань від головки коренеплоду до центра мас кореня, м; L_{1k} , L_{2k} – довжина коренеплоду, м.

Оскільки коренеплід широкою частиною опирається на два нижні корені, тоді тиск, який приходить на кожний корінь дорівнює:

$$P_k = \frac{R_{2k}}{2 \cos \alpha_k} = \frac{V_k \rho_k g (1 - l / L_k)}{2 \cos 2\psi_k}, \quad (2)$$

де V_k – об'єм коренеплоду, м³; ρ_k – питома маса коренеплоду, кг/м³; α_k – кут між лінією, яка з'єднує центри коренеплодів і вертикаллю, град.; ψ_k – кут конуса росту коренеплоду, град.

Відповідно до прийнятої схеми передачі сили тиску на кожний коренеплід наступного нижнього ряду, починаючи з другого, тисне також і хвостова частина кореня.

Тому сумарна сила тиску на коренеплід буде дорівнювати:

$$P_{1k} = \frac{R_{1k} + R_{2k}}{2 \cos \alpha_k} = \frac{\rho_k g}{2} \left(\frac{V_{1k} l_1}{\cos 2\psi_{1k} L_{1k}} + \frac{V_{2k} (L_{2k} - l_2)}{\cos 2\psi_{2k} L_{2k}} \right). \quad (3)$$

Для будь-якої кількості N рядів коренеплодів сила тиску на виток шнекового конвеєра буде змінюватися від

$$P_{kx} = P_k \sin \alpha_k = \frac{V_k \rho_k g (1 - l / L_k)}{2 \cos 2\psi_k} \sin \alpha_k \text{ до } \sum P_{kyN} = V_k \rho_k g (N - l / L_k). \quad (4)$$

УДК 631.11.001.76

**ПІДТРИМКА ІННОВАЦІЙ В ДЕРЕВООБРОБНІЙ ГАЛУЗІ,
ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

Дейнеко Л.В., доктор економічних наук, професор (deinekolv@gmail.com)

Кушніренко О.М., кандидат економічних наук, доцент

(kyshnoksana@gmail.com)

ДУ «Інститут економіки та прогнозування» НАН України, м. Київ

Важливу роль в досягненні Глобальних цілей сталого розвитку людства, проголошених на 70й Сесії Генеральної Асамблеї ООН та затверджених в нашій країні в Національній доповіді «Цілі Сталого Розвитку» відіграє промислове виробництво як один із ключових безпечних способів впливу людини на оточуюче середовище.

Для України, що має стратегічний потенціал для розвитку деревообробної галузі, скорочення поточного відставання в ефективності її функціонування від розвинених лісопромислових країн в значній мірі залежить від дії ефективних інструментів державного менеджменту. Незважаючи на заходи держави щодо зменшення сировинної спрямованості лісопромислового сектору, шляхом введення мораторію на експорт необробленої деревени, лісоматеріали з високим ступенем обробки все ще продовжують займати незначну частину в структурі кінцевої продукції, що суперечить завданням сталого соціально-економічного розвитку галузі.

Аналіз показав, що така ситуація обумовлена не стільки відсутністю технологій глибокої лісопереробки, скільки економічної нерентабельністю їх застосування. Стимулювання модернізації та інноваційного розвитку в деревообробній галузі вимагає вдосконалення процесів управління формуванням інноваційної системи та управління інноваційною діяльністю. Прикладом може бути виробництво інноваційних матеріалів для сучасного будівництва CLT (Cross-Laminated Timber – панелі з поперечно-клеєної деревини) і SIP (Structural Insulated Panels – структурні теплоізоляційні панелі). Такі матеріали активно використовуються в країнах ЄС, Китаї, США і Канаді при будівництві житла та соціальних об'єктів, мають більш високі показники надійності, екологічності та економічності. До того ж реалізація такої продукції формує більш високу додану вартість і дозволяє інтегруватися національному виробництву в глобальні ланцюжки створення доданої вартості.

Для стимулювання інноваційної діяльності для вітчизняної деревообробної промисловості можуть бути використані наступні заходи:

1. Система заходів державного менеджменту: реалізація ефективних інструментів нормативно-законодавчого характеру, що передбачає системний пакет змін до чинного законодавства, зокрема Лісового та Податкового кодексу України та суміжних підзаконних актів щодо скасування додаткових обмежень дозвільного характеру для українських

деревообробників. Розробка дорожньої карти реформування деревообробної промисловості як дієвого інструменту сприяння нарощенню конкурентних переваг покращить інвестиційну привабливість деревообробної та суміжних з нею галузей.

2. Реформування податкової політики, зокрема надання відстрочки у погашенні податкової заборгованості до бюджету без нарахування пені та впровадження податкових стимулів для інноваційно активних підприємств.

3. Стимулювання розвитку вітчизняного машинобудування в сфері виробництва спеціальних технічних засобів для переробки деревини шляхом субсидування процентної ставки за кредитами та лізинговими операціями фінансових організацій; часткового гарантування кредитів; надання сервісної підтримки ведення бізнесу.

4. Стимулювання розвитку інноваційного підприємництва в деревообробній сфері. Враховуючи те, що в діяльності галузі велику роль відіграють малі та середні підприємства, важливим є створення умов для розвитку венчурного інвестування та формування венчурного ринку капіталу.

5. Вдосконалення інституційного забезпечення модернізації галузі шляхом поширення інноваційної системи: індустріальних парків та бізнес-інкубаторів.

6. Впровадження системи державного гарантування зменшить рівень фінансового ризику та сприятиме відновленню довіри інвесторів до створення спільних виробничих потужностей з переробки деревини на території України.

7. Створення кластерів як ефективної форми державно-приватного партнерства, що сприятиме вирішенню інвестиційної проблеми деревообробної промисловості, що доводить досвід розвинених країн.

8. Надання грантової підтримки, в тому числі інноваційних грантів, для суб'єктів інноваційного підприємництва у деревообробній промисловості, особливо в сфері раціонального використання відходів та застосування біотехнологій. Нажаль, біотехнологічні методи ще знаходяться на стадії наукових розробок і тільки починають впроваджуватися на практиці. Перспективним є обґрунтування шляхів використання біотехнологій для підвищення ефективності переробки рослинами сонячної енергії в рослинну масу і перерозподілу цієї енергії на переважне формування деревини.

9. Використання програм донорської підтримки міжнародних організацій, зокрема Європейського банку реконструкцій та розвитку. Це підтримка просування експорту в рамках створення Зони вільної торгівлі між Україною та ЄС для малого та середнього бізнесу; консультації з розробки корпоративних і маркетингових стратегій у сфері стандартів управління якістю, інформаційно-комунікаційних технологій;

організаційного та операційного розвитку, інженерних рішень, бухгалтерського обліку та фінансової звітності.

На наш погляд, для підтримки інноваційних трансформацій в деревообробній сфері необхідно широко впроваджувати такі форми інноваційно-інвестиційної діяльності, як трансфери технологій та лізинг високотехнологічного обладнання. При цьому головною передумовою успіху є обов'язкове поєднання інвестиційної діяльності з інноваційною, оскільки інвестицій без інновацій, як показує практика, лише сприяють подальшому нагромадженню основних засобів, екстенсивному господарюванню, і як наслідок – подальше відставання в рівні науково-технічного розвитку.

УДК 662.638/818:674.08

ВИРОБНИЦТВО ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ В УМОВАХ АГРАРНОГО ГОСПОДАРСТВА

Єременко О.І., кандидат технічних наук, доцент (eremolex@ukr.net)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

На теперішній час занадто актуальним є здобуття статусу енергетичної незалежності. Радю національної безпеки і оборони України від 28.04.2014 р. прийнято рішення "Про стан забезпечення енергетичної безпеки у зв'язку з ситуацією щодо постачання природного газу в Україну". Перспективи розвитку біоенергетики в Україні визначені Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р., затвердженим КМ України 1 жовтня 2014 р. Біоенергетика має вийти на рівень заміщення природного газу обсягом 8,3 млрд м³ на рік. За оцінкою Біоенергетичної асоціації України на сьогоднішній день потенціал енергії з біомаси складає 20,2 млн т н.е. Основними складовими цього потенціалу є побічна продукція АПК (загалом 7,6 млн т нафтового еквіваленту (н.е.) або 37,6 % від загального потенціалу біомаси) [1, 2]. Побічна продукція рослинництва включає соломку зернових культур, незернову частину врожаю кукурудзи, соняшнику, лушпиння круп'яних культур тощо.

Дослідженнями і практикою доведено [2–4], що для ефективного спалювання біомаси потрібно мати паливо однакової форми і розмірів. Це збільшує контакт поверхонь з повітрям і тепловіддачу виробів, сприяє автоматизації процесів в опалювальних системах. Сучасні технології реалізують ці умови і забезпечують виробництво пелет і брикетів з біомаси.

Біопаливні брикети – екологічно чисте і технологічно ефективне паливо. Перероблена в брикети сировина значно зменшується в об'ємі, що дозволяє суттєво понизити витрати на зберігання і транспортування.

Брикети з вторинної біомаси аграрних, переробних, деревообробних та ін. виробництв мають певні переваги над традиційними паливами, а саме: сприятливі екологічні показники під час енергетичної конверсії завдяки закритому вуглецевого обміну; високу структурну якість і щільність у виробках $900\text{--}1700\text{ кг/м}^3$; теплотворну здатність $4,5\text{--}5,0\text{ кВт/кг}$, що у $1,2\text{--}1,4$ рази більша, ніж у дров; можливість використання в опалювальних котлах будь-якої потужності; низку собівартість виробництва. Викиди діоксиду сірки та оксиду азоту є основними складовими у процесі окислення повітря, вод і ґрунту. Але оскільки в брикетах міститься невелика кількість сірки (до $0,05\%$), то в процесі згоряння біомаси подібні забруднюючі речовини практично не утворюються. Пресування вторинної біомаси у паливні брикети здійснюється під високим тиском $30\text{--}60\text{ МПа}$ в машинах з поршневими, ударно-механічними або шнековими робочими органами [4, 5].

За способом пресування і формами застосовують три способи виробництва брикетів: поршковий гідравлічний (брикети RUF); ударний (брикети NESTRO); екструдерний (брикети Pini&Kay) [2, 4, 5].

Для доведення доцільності впровадження брикетного виробництва в типовому господарстві Лісостепової зони проведені такі дослідження. Загальна кількість рослинних домішок з зерноочисного підприємства становить 50 т/рік . Для завантаженості твердопаливного виробництва плануємо застосування соломи зернових культур в кількості 100 т . Таким чином, загальний сировинний потенціал для паливних брикетів становить 150 т . Комплекс обладнання для виробництва біопаливних брикетів передбачає підготовку сировини (подрібнення до $1\text{--}10\text{ мм}$, сушіння до $15\text{--}18\%$) і брикетування на шнековій машині в безперервному режимі. Зазначене виробництво дозволяє отримати брикети Pini+Kay з щільністю до 1200 кг/м^3 , правильної циліндроподібної форми, що наближаються за теплотворністю $17\text{--}18\text{ МДж/кг}$ до бурого вугілля.

З метою економічного обґрунтування та залучення в бізнес-проект суміжних господарств регіону розроблено бізнес-план з детальним викладенням основних положень розробки. Встановлено, що для проектування і впровадження розробленого зернопереробного і брикетного підприємства необхідні капіталовкладення у розмірі 1093 тис. грн . Прогнозований чистий річний прибуток за три роки діяльності підприємства становитиме 790 тис. грн . Отримані основні техніко-економічні показники, зокрема, рівень рентабельності – 23% , термін окупності капіталовкладень – $2,1$ роки, точка визначення беззбиткового річного виробництва зерна і паливних брикетів з відходів – 460 т , підтверджують доцільність впровадження зернопереробного та брикетного підприємства у типовому аграрному господарстві природно-кліматичної зони Лісостепу.

Перелік посилань

1. Гелету́ха Г.Г., Желі́зна Т.А., Кучеру́к П.П., Олі́йник Є.Н., Три́бой А.В. Біоенергетика в Україні: сучасний стан і перспективи. Промислова теплотехніка. 2015. Т. 37. № 2. С. 68–76.
2. Гелету́ха Г.Г., Желі́зна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ. №7. 2014. <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-7-ua.pdf>.
3. Єременко О.І. Аналіз енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2013. Вип. 185, ч. 3. С. 347–355.
4. Гелету́ха Г., Драгнєв С., Кучеру́к П., Матвеєв Ю. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України. Київ. БАУ. 2017. 37 с.
5. Єременко О.І., Паянок О.В. Перспективи розвитку засобів для виготовлення паливних брикетів. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: технічні науки. Вінниця. ВНАУ. 2012. № 11, т. 1(65). С. 327–331.

УДК 658:338:339.1

МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСТУПУ УКРАЇНСЬКИХ КОМПАНІЙ ДО СВІТОВОГО РИНКУ ІНЖИНІРИНГОВИХ ПОСЛУГ

Шелудько Е.І., кандидат економічних наук, старший науковий співробітник (sheludkoella@gmail.com)

ДУ “Інститут економіки та прогнозування НАН України”, м. Київ

Серед пріоритетів сталого промислового розвитку на чільне місце сьогодні слід поставити необхідність залучення у виробництво нових технологій, технік та методів, інжинірингових послуг, що дозволить підвищити інноваційний рівень української промисловості. Для активізації діяльності у цій сфері важливим є сприяння розвитку вітчизняних інжинірингових компаній, які добре знають ринок, обізнані про новітні й економічно вигідні розробки, та можуть бути залученими до глобальних ланцюгів доданої вартості (ГЛДВ) завдяки потужному позитивному досвіду та тривалим міжнародним зв'язкам.

Для багатьох представників промислового інжинірингу однією з головних стратегій виживання є експортування своєї продукції та послуг. В умовах закриття для українських виробників ринків РФ з високотехнологічного обладнання та систем управління та поступової втрати позицій на ринках СНД, на тлі падіння внутрішнього ринку

інжинірингових послуг, питання переорієнтації на ринки інших країн стає нагальним і невідкладним.

Підвищити експортну конкурентоспроможність українських промислових підприємств та зробити «шлях уперед», на наш погляд, дозволить реалізація Експортної стратегії України: Дорожньої карти стратегічного розвитку торгівлі на період 2017—2021 років, якою визначено орієнтири для розвитку торговельних відносин України, подолання перешкод та використання наявних можливостей для розвитку експорту. Іншим документом, який привертає увагу з точки зору ефективного розвитку цієї сфери, є Цифрова адженда України – 2020. Для реалізації «цифрової» трансформації українських підприємств цим документом передбачено розроблення Програми «Індустрія 4.0», де окремою ініціативою запропоновано створити інжинірингові кластери, як інструмент впливу на промислові інновації, R&D, експортний маркетинг. Діяльність компаній із промислового інжинірингу спрямована на пошук та розробку нових якісних промислових продуктів, генерацію ідей, промисловий дизайн, створення прототипів тощо. Найбільш перспективними галузями для створення й розвитку індустрії промислового інжинірингу є харчова промисловість, металургійне виробництво, машинобудування, біотехнології та фармацевтична промисловість.

Саме якість інжинірингових продуктів/послуг, сертифікація та відповідність її стандартам, налагоджування ланцюжків доданої вартості, готовність компаній до змін та їх адаптація до світових стандартів співробітництва є сьогодні водночас і бар'єрами, і можливостями для успіху на світовому ринку інжинірингових послуг. Готовність змінюватись, насамперед, означає зміну ментальності щодо методів управління та культури співпраці. Це стосується впровадження нових стандартів якості, управління кадрами, залучення на новій основі інвестицій та інших ресурсів для створення потужного експортного маркетингу та просування української продукції на зовнішні ринки. Важливою складовою цього процесу є культурна адаптація компаній, що є ознакою високорозвинутих технологічних кластерів, зокрема в інжинірингу, і обумовлює формування нової культури співпраці – у межах кластеру, у сфері розробок, між вендорами та інтеграторами-розробниками, у сфері стандартизації розробок, у сфері освіти та просвіти ринку, у сфері взаємодії з державними та міжнародними організаціями та партнерами, які можуть надавати свої знання та компетенції українським виробникам.

Для полегшення доступу на зарубіжні ринки українських інжинірингових компаній важливим є, з нашої точки зору, впровадження таких ініціатив:

- доцільною є організація експортного маркетингу за допомогою

спеціальних програм (EXPOREC тощо) для прискорення входу/переорієнтації експортерів у нові географічні регіони та сегменти ринку (основні переваги таких програм – допомога учасникам у дослідженні ринку, виборі цільових сегментів та клієнтів, пошук ефективного способу входу на ринки, адаптація пропозиції цінності до конкурентного середовища, програми пошуку потенційних клієнтів, допомога у створенні та покращенні спеціалізованих ресурсів для власного промоушену);

- підвищення інформативної обізнаності українських експортерів – представників інжинірингу – про можливості доступу до різних закордонних ринків (створення баз даних, аналітичних звітів, що допомагають розробникам орієнтуватися із можливостей виходу зі своєю пропозицією на зовнішні ринки, зокрема на ринки приладо-, машинобудування, промислових ІТ-АСУТП тощо);

- посилення галузевої взаємодії та співпраці з державними органами, агентствами, великими міжнародними брендами, присутніми в Україні, іноземними агентами, органами сертифікації, зокрема, в частині обміну досвідом або використання їхніх можливостей задля сприяння виходу інтеграторів/машинобудівників у конкретний регіон чи на конкретний ринок інжинірингових послуг;

- створення платформи для обміну інформацією щодо спеціалістів, проектів, досвіду для продажу/комунікації світу своїх знань, вмінь, послуг, аутсорсингу проектування, демонстрації готовності до роботи на об'єктах у будь-якій точці світу; підвищення якості підготовки фахівців у сфері промислового інжинірингу та управління інноваційними проектами;

- розробка стратегії інтеграції України до ГЛДВ, де мають бути окреслені перспективи участі України у сфері промислового інжинірингу та надання інших технічних послуг, і, у цьому зв'язку, розробка Державної цільової програми технологічної модернізації промислового виробництва на базі новітніх технологій задля комплексного оновлення техніко-технологічної бази промислових підприємств. Це спонукатиме ТОП-менеджмент українських компаній до сприйняття ідеології просування інжинірингових рішень для комплексної підтримки управління промисловим підприємством як важливої умови економічного зростання та інноваційного розвитку.

УДК 621.87

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОГО І РУЧНОГО КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА

Кадикало І.О., Ловейкін В.С., доктор технічних наук, професор
(kadykaloivan@nubip.edu.ua)

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ

Під час роботи механізму повороту виникають коливання вантажу, що призводять до появи динамічних навантажень, які руйнують конструкції і, як наслідок, зменшують надійність та продуктивність крана.

Метою дослідження є підвищення ефективності роботи баштових кранів за рахунок оптимізації перехідних режимів руху механізму повороту.

Об'єктом дослідження вибрано баштовий кран QTZ-80 з горизонтальною балочною стрілою, в якому розглядається механізм повороту. Процес роботи механізму повороту баштового крана описується тримасовою динамічною моделлю. В цій моделі вважається, що всі елементи крана є абсолютно тверді (жорсткі) тіла, крім елементів приводного (передавального) механізму та гнучкого підвісу вантажу, які є пружними елементами.

Всі рухомі маси механізму повороту зведені до осі повороту крана. За узагальнені координати динамічної моделі прийняті кутові координати повороту ротора електродвигуна приводу φ_0 , поворотної частини φ_1 та відхилення вантажу від вертикалі φ_2 , які зведені до осі повороту крана.

Динаміка руху тримасової моделі механізму повороту стрілового крана описується системою диференціальних рівнянь руху отриманих на основі рівнянь Лагранжа другого роду.

Розрахунки проводилися для параметрів крана QTZ-80, рушійний момент визначався з формули Клосса.

Результат розв'язку системи диференціальних рівнянь представлений у вигляді графічних залежностей, деякі з них наведені нижче (рис. 1 – рис. 3).

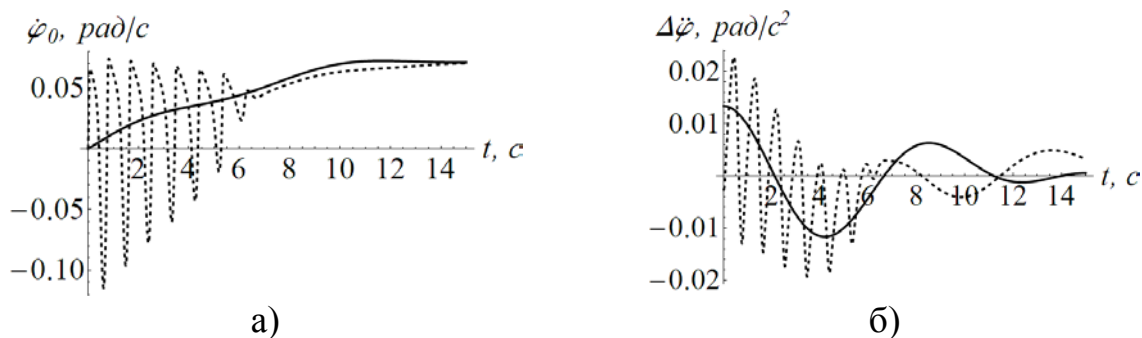


Рис. 1. Залежності зміни: а) кутової швидкості ротора двигуна; б) кутового прискорення відхилення вантажу від вертикалі при ручному (---) та оптимальному (—) керуванні.

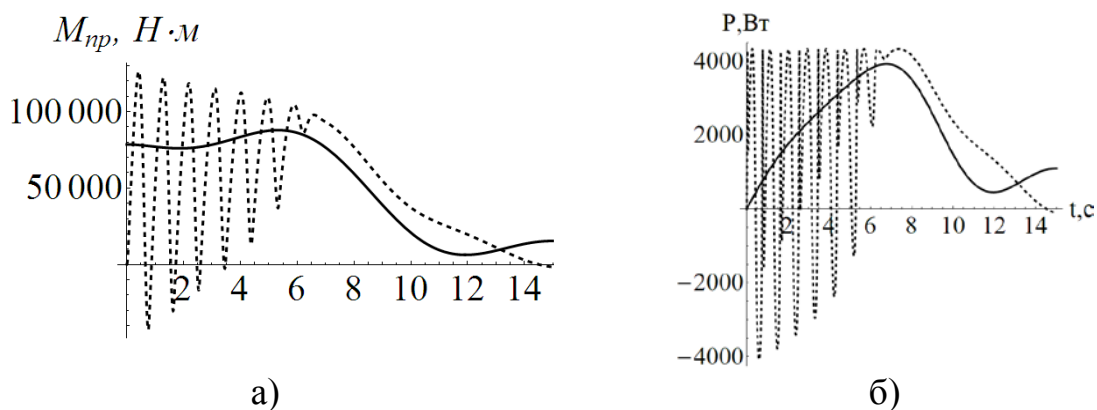


Рис. 2. Залежності зміни: а) пружного моменту в приводі; б) потужності при ручному (---) та оптимальному (—) керуванні.

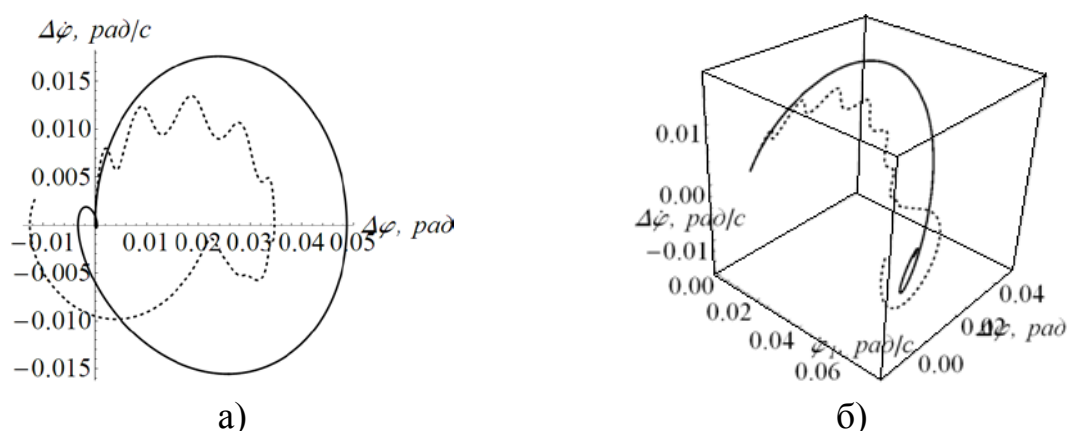


Рис. 3. Фазові портрети: а) плоский; б) об'ємний при ручному (---) та оптимальному (—) керуванні.

Аналіз отриманих результатів показує, що на початку руху спостерігаються коливання елементів приводного механізму і поворотної частини крана, що призводить до виникнення значних динамічних навантажень в процесі пуску.

Для зменшення цих навантажень проведено оптимізацію процесу руху за критерієм середньоквадратичного значення швидкості зміни пружного моменту в приводному механізмі. Цей критерій являє собою інтегральний функціонал, умовою мінімуму якого є рівняння Ейлера-Пуассона, з якого отримано лінійне однорідне диференціальне рівняння 10-го порядку з постійними коефіцієнтами.

В результаті розв'язку цього рівняння отримано оптимальні режими руху, котрі були порівняні з ручним керуванням (рис. 1 – рис. 3). З аналізу отриманих графічних залежностей встановлено, що при оптимальних режимах руху усуваються коливання кінематичних характеристик і зменшуються їхні максимальні значення. Це дає можливість зменшити динамічні навантаження в елементах приводу, передвальному механізмі та в металоконструкціях, а також максимальне значення потужності приводу. Фазові портрети показують, що при оптимальному режимі керування

контур є замкнений, а це значить, що при завершенні процесу пуску колювання усуваються, а при ручному керуванні контур не замкнений, що вказує на присутність колювань після процесу пуску.

Таким чином, в результаті проведених досліджень виявлено, що в елементах приводу при роботі механізму повороту виникають значні динамічні навантаження. Вони в рази зростають під час процесу пуску механізму повороту баштового крана. Для зменшення цих навантажень проведено оптимізацію за інтегральними динамічними критеріями, яка дозволила усунути колювальні процеси у елементах приводу та металоконструкції, а також значно зменшити динамічні навантаження. Реалізація отриманих оптимальних режимів руху механізму повороту баштового крана може бути реалізована за допомогою мехатронної системи керування приводним електродвигуном. Використання мехатронної системи з оптимальними режимами руху дасть змогу підвищити надійність і продуктивність роботи вантажопідійомних кранів, а також зменшити аварійні ситуації під час виконання перевантажувальних та монтажних операцій.

УДК 621.867.42

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ
В ШАРНІРНИХ ЕЛЕМЕНТАХ РОБОЧОГО ОРГАНУ ГНУЧКОГО
ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА**

Клендій М.Б., кандидат технічних наук, доцент; **Клендій О.М.**, кандидат
технічних наук (klendii_o@ukr.net)

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани*

Транспортування сипких вантажів криволінійними і комбінованими трасами за допомогою гнучких шнекових робочих органів, замкнутих в еластичні кожухи, забезпечує високу мобільність при виконанні завантажувально-розвантажувальних технологічних процесів і відповідно розширює їх технологічні можливості [1, 2].

З метою забезпечення правильного вибору матеріалів для виготовлення елементів шарнірного вузла проведено дослідження контактних напружень, які виникають в елементах зачеплення і забезпечують взаємне обертання, необхідне кутове зміщення осей та відсутність заклинювання.

Найбільш навантаженим елементом шарнірного робочого органа є кулька, що дотикається трьома точками до різних поверхонь конструкції, яка приймає участь у передачі основного обертового моменту (рис.1). На кульку діють три зусилля F_1 , F_2 і F_3 зі сторони конічної лунки, паців циліндричної втулки та сферичної частини корпусу, відповідно. Тип

контактуючих поверхонь у всіх трьох випадках контакту є різний. Зусилля F_1 діє в зоні контакту кульки з конічною поверхнею лунки, яку розглядаємо

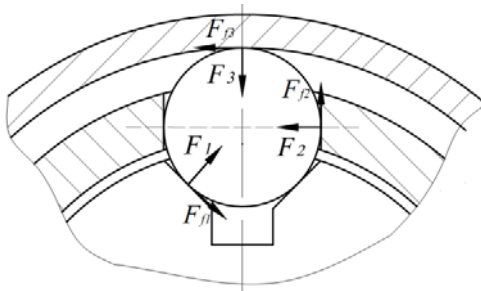


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення контактних поверхонь.

як циліндричну. Контакт в зоні дії зусилля F_2 здійснюється між сферичною поверхнею кульки та площиною. Остання точка, що передає зусилля F_3 , характерна наявністю внутрішнього сферичного контакту [3]. Тиск у контакті кульки з конічною лункою визначається за залежністю:

$$p_{01} = \frac{0,4}{\pi} \sqrt[3]{\frac{3TE^2}{8NRr^2(1-\nu^2)^2 \cos \alpha \cos \gamma}}. \quad (1)$$

У випадку контакту кульки з площиною пазу циліндричної втулки максимальний тиск визначатиметься залежністю:

$$p_{02} = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{3TE^2}{2NRr^2(1-\nu^2)^2 \cos \alpha}}. \quad (2)$$

У випадку дотику двох сфер (контакт кульки із сферичною втулкою) пляма контакту має форму круга і формула для визначення максимального тиску в контакті кульки із сферичною втулкою має вигляд

$$p_{03} = \frac{1}{\pi} \sqrt[3]{\frac{3TRE^2 \operatorname{tg} \gamma}{2Nr^2(R+r)^2(1-\nu^2)^2 \cos \alpha}}, \quad (3)$$

де R – радіус втулки; r – радіус кульки; E і ν – модуль пружності першого роду та коефіцієнт Пуассона для матеріалу α – кут провертання сферичного пальця; γ – кут твірної конічної поверхні лунки; N – кількість кульок [4, 5].

На рис. 2 показано графічні залежності контактних напружень зміни кута нахилу лунки.

Аналіз графіків та отриманих формул показує, що при виборі параметрів шарніра, максимальні контактні напруження виникатимуть у місці контакту кульки із плоскою частиною пазу циліндричної втулки, обчислені за формулою (2).

Рекомендована зона конструктивних обмежень на кут лунки становить близько 30-50 градусів.

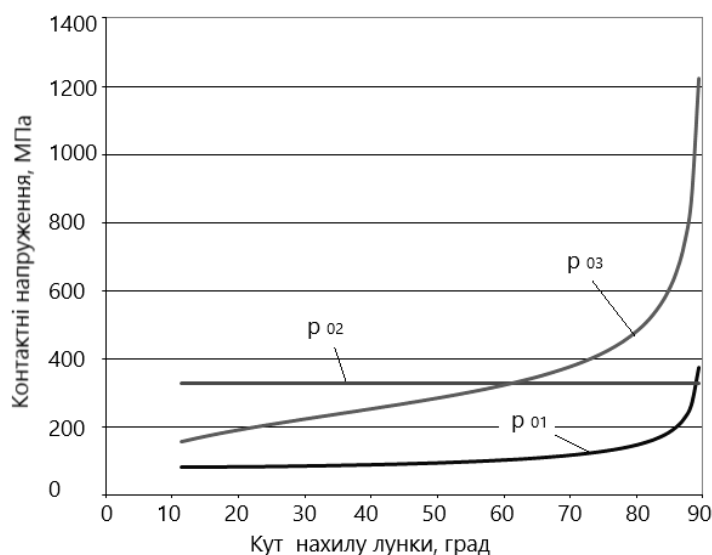


Рис. 2. Графічні залежності контактних напружень від зміни кута нахилу лунки.

При перевищенні різко зростають напруження у інших елементах шарнірного з'єднання. Очевидно, що основним елементом, який передає обертовий момент служить контакт по плоскій поверхні пазів циліндричної втулки. Достатньо малі значення контактних напружень, що виникають у лунці, пояснюються широкою плямою контакту майже по всій лінії посадки кульки.

Перелік посилань

1. Рогатинська О.Р., Дудун Ю.В., Рогатинська Л.Р., Клендій М.Б. Оптимізація режимів роботи та конструктивних параметрів вертикальних гвинтових конвейерів. Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків. 2006. Вип. 44. С. 258–264.
2. Nevko R.B., Klendii M.B., Klendii O.M. Investigation of a transfer branch of a flexible screw conveyor. INMATEH: Agricultural engineering. Vol. 48, no 1. 2016. P. 29–34.
3. Гевко Р.Б., Клендій О.М. Обґрунтування параметрів робочих поверхонь захисного пристрою шнекового транспортера за контактними напруженнями в елементах зачеплення. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Київ. 2014. Вип. 194, ч. 1. С. 164–174.
4. Gevko R.B., Klendiy O.M. The investigation of the process of the actuation of the safety device of a screw conveyor. INMATEH: Agricultural engineering. Vol. 42, no. 1. 2014. P. 55–60.
5. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев. Наукова думка. 1988. 736 с.

УДК 621.433:621.436

**РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ
ГАЗОВИМИ ДВЗ З ПРИМУСОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ,
КОНВЕРТОВАНИМИ НА БАЗІ ШТАТНИХ ДИЗЕЛІВ ДЛЯ РОБОТИ
НА ЗРІДЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ**

Ковальов С.О., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
(skovalev@insat.org.ua)

*Державне підприємство «Державний автотранспортний науково-
дослідний і проектний інститут», м. Київ*

За останні десятиліття провідні світові виробники транспортних засобів почали приділяти підвищену увагу використанню більш екологічно чистих видів газових моторних палив, до яких належить зріджений нафтовий газ (далі – ЗНГ). З урахуванням того, що сучасна сільськогосподарська техніка (самохідні шасі, потужні колісні і гусеничні трактори) оснащена лише дизелями, що мають великі експлуатаційні витрати дизельного палива, очевидна доцільність його заміни більш дешевим ЗНГ. Найбільш ефективним способом підвищення використання ЗНГ для сільськогосподарської техніки є конвертація їх дизелів у газові ДВЗ з примусовим запалюванням. Головними перевагами такого переобладнання є: 100% заміна більш дорогого дизельного палива на більш дешеве газове моторне паливо; зменшення рівня шкідливих викидів оксидів (СО) та діоксидів вуглецю (СО₂), оксидів азоту (NO_x) і твердих частинок у відпрацьованих газах; зменшення зовнішнього шуму, створюваного сільськогосподарською технікою; збереження енергетичних параметрів газових ДВЗ з примусовим запалюванням на рівні 80...85 % від штатного дизеля; підвищення моторесурсу двигуна тощо.

У ДП «ДержавтотрансНДІпроект» проводяться роботи з розроблення конструкції газових ДВЗ з примусовим запалюванням для роботи на газових моторних паливах, як для КТЗ (зокрема автобусів моделей А-092 «Богдан»), так і для тракторів моделей МТЗ-80 та МТЗ-82 з дизелями 4Ч11/12,5 (моделей Д-240 и Д-243) та самохідного шасі СШ-2540 з дизелем Д-120.

Переобладнання дизелів у газові ДВЗ з примусовим запалюванням вимагає як часткового розбирання дизеля з внесенням деяких змін до його конструкції, так і повний демонтаж систем живлення та впорскування дизельного палива (включаючи дизельні паливні баки, трубопроводи, фільтри тощо), а також і внесення відповідних змін у його конструкцію ДВЗ. Так, газовий ДВЗ має бути дообладнано такими головними сучасними системами як: системами живлення та багатоточкового впорскування ЗНГ типу Common Rail (з впорскуванням газу електромагнітними форсунками до впускного колектору ДВЗ у зону наближену до впускного клапана), електронною індуктивною системою примусового запалювання з нерухомим розподільником напруги

(з двохіскровими або індивідуальними катушками запалювання). До того, газовий ДВЗ для виконання відповідних екологічних вимог може бути дообладнано додатковими сучасними системами такими, як: системою нейтралізації відпрацьованих газів (з трьохкомпонентним каталітичним нейтралізатором та одним або двома лямбда-зондами) та системою рециркуляції відпрацьованих газів (без охолоджувача відпрацьованих газів або з охолоджувачем). Крім дообладнання ДВЗ головними та додатковими системами, у нього мають бути доопрацьовані головка блоку циліндрів дизеля (для встановлення свічок запалювання, а у деяких випадках і індивідуальних катушок запалювання) та поршні, в яких змінюється форма камер згоряння для зменшення ступеня стиснення при роботі на ЗНГ. Для роботи газового ДВЗ з дообладнаними головними та додатковими системами мають бути встановлені ще і додаткові датчики та пристрої.

Ефективне управління роботою переобладнаного газового ДВЗ з встановленими системами та датчиками і пристроями може здійснюватися лише системою електронного управління та регулювання. Головним елементом такої системи є електронний мікропроцесорний блок управління (далі – ЕБУ). Мікропроцесорний ЕБУ, в цілому, має виконувати управління роботою відповідних систем газового ДВЗ, а також здійснювати регулювання його окремих параметрів на різних навантажувальних та швидкісних режимах роботи ДВЗ.

Головними функціями мікропроцесорного ЕБУ є: управління системою живлення ДВЗ ЗНГ об'єднане з управлінням системою впорскування ЗНГ (при груповому або послідовному чи індивідуальному видах впорскування газового палива); управління електронною індуктивною системою запалювання із нерухомим розподільником напруги (з двохіскровими або індивідуальними катушками запалювання) з можливістю регулювання системи запалювання по сигналу датчика детонації. До того, мікропроцесорний ЕБУ здатний виконувати додаткові функції такі, як: регулювання величини пускової циклової подачі газового палива в залежності від температури охолоджувальної рідини; регулювання частоти обертання колінчатого валу газового ДВЗ на режимі холостого ходу залежно від температури охолоджувальної рідини; регулювання системи нейтралізації ВГ (складу ВГ) по сигналам одного або двох лямбда зондів; регулювання системи рециркуляції ВГ; паралельна робота з другим ЕБУ, для поширення можливості електронного управління газовими ДВЗ з кількістю циліндрів від 8-ми до 12-ти (за необхідності); управління електроприводом блоку дросельної заслінки (для ДВЗ із модулем електронної педалі та блоком управління дросельною заслінкою) тощо. Тривають роботи з розроблення нових алгоритмів управління газовими ДВЗ із різною кількістю та розташуванням циліндрів, а також різними комплектаціями ДВЗ додатковими системами та пристроями,

елементами та датчиками, що вимагає розроблення щонайменше чотирьох версій програмного забезпечення роботою ЕБУ.

Завдяки значно меншій середній роздрібній вартості 1-го літра ЗНГ в Україні, яка коливається у межах 50...55 % від вартості дизельного палива, очікуваний річний економічний ефект від переобладнання транспортних (у т.ч. тракторних) дизелів у ДВЗ з примусовим запалюванням та їх подальшої експлуатації в Україні, коливається у межах 35...45 % від річних витрат на дизельне паливо.

УДК 631.35.05

КРИТЕРІЇ ПОВОРОТУ ТРАКТОРА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ

Колєсник І.В. (ivankolesnik89@gmail.com)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Для трактора на транспортних роботах вирішується завдання підвищення функціональної точності при якій оцінюється відхилення при русі від конфігурації проїжджої частини дороги (коридор руху). При цьому вирішується завдання для короткочасного одноразового і багаторазового, тривалого дискретного і безперервного впливу водія на кермо трактора. Для даних режимів роботи трактора на транспортних роботах обґрунтована методологія забезпечення функціональної стабільності гідрооб'ємного рульового управління [1].

Використовуючи дані критерії можна оцінити функціонування МТА по кутовому прискоренню внутрішнього керованого колеса і, відповідно, кутовому прискоренню повороту рульового колеса.

Часто при проектуванні нових і модернізації вже існуючих тракторних агрегатів визначальними є характеристики криволінійного руху, дослідженнями якого займаються велике число вчених.

Основні відмінності між моделями повороту полягають в різних підходах до формування реакцій з боку ґрунту. Саме при описі взаємодії рушія з ґрунтом закладаються основні допущення, що обмежують, область застосування тієї чи іншої моделі руху. Також особлива увага приділяється визначенню маневреності тракторного агрегату і як наслідок технічного стану рульового управління.

Одними з основних показників, що характеризують маневреність МТА, є мінімальний радіус повороту і ширина поворотної смуги, що враховують не тільки базу трактора - тягача, а й довжину причіпної ланки, його ширину і відстань, на яке необхідно додатково перемістити агрегат для забезпечення якісних показників роботи.

Пропонується оцінювати маневреність МТА керованістю криволінійного руху МТА коефіцієнтом керованості $\varepsilon_{упр}$:

$$\varepsilon_{упр} = \frac{\dot{\bar{\omega}}_{\alpha}}{\dot{\bar{\omega}}_{\psi}}, \quad (1)$$

де $\dot{\bar{\omega}}_{\alpha}$ – середня швидкість зміни курсового кута α МТА; $\dot{\bar{\omega}}_{\psi}$ – середня швидкість зміни кута керованих коліс МТА.

При русі по криволінійній траєкторії необхідно визначити кутову швидкість внутрішнього (щодо центру повороту) керованого колеса, а отже, і кутову швидкість повороту рульового колеса.

Кутова швидкість повороту внутрішнього керованого колеса визначається як:

$$\dot{\bar{\omega}}_{\alpha} = \frac{\dot{\bar{\omega}}_{рк} \cdot \eta_{рм}}{i_{рм}} \quad (2)$$

де $\dot{\bar{\omega}}_{рк}$ – кутова швидкість рульового колеса; $\eta_{рм}$ – ККД рульового механізму; $i_{рм}$ – передавальне число рульового механізму.

Врахуємо фізичну можливість водія забезпечити значення кутової швидкості кермового колеса в межах $\omega_{рк} = 7 \dots 9$ рад / с, [2].

$$\frac{\dot{\bar{\omega}}_{\alpha}}{\dot{\bar{\omega}}_{рк}} = \frac{\eta_{рм}}{i_{рм}}. \quad (3)$$

Так як $i_{рм} = const$, то характеристикою об'ємного ККД є передавальна функція K_i [3]:

$$K_i = \frac{\bar{\omega}_{\alpha}}{\bar{\omega}_{рк}}. \quad (4)$$

Використовуючи дані критерії можна оцінити функціонування МТА по кутовому прискоренню внутрішнього керованого колеса і, відповідно, кутовому прискоренню повороту рульового колеса.

Перелік посилань

1. Колесник И.В. Критерии и оценочные показатели маневренности трактора на транспортных работах. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. Vol. 18. No. 7. P. 73–77.
2. Гусев А.Г., Трояновская И.П. Математическая модель взаимодействия колеса транспортного средства с беговыми барабанами в стендах с их кинематическим рассогласованием. Вестник ИжГТУ. 2007. Вып. 3 (35). С. 3–6.
3. Лебедев А.Т., Калинин Е.И., Шуляк М.Л., Колесник И.В. Аналитическая модель поворота трактора с шарнирно-сочлененной рамой. Вестник ХНТУСХ имени Петра Василенка. Технические науки. Харьков. 2015. №173. С. 161–167.

УДК 631.37

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ШИРОКОКОЛЕЙНЫХ АГРОСРЕДСТВ

Кувачев В.П., кандидат технических наук, доцент

*Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь*

В силу своей достаточно высокой универсальности специализированные ширококолейные агросредства могут (и, несомненно, должны) агрегатироваться с различными прицепными, полунавесными и навесными сельскохозяйственными машинами и орудиями. Главная проблема состоит в том, что при неправильном присоединении сельскохозяйственных машин и орудий может иметь место не догрузка, а, наоборот, разгрузка управляющих и ведущих колес агросредства со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Имеющийся мировой опыт агрегатирования ширококолейных агросредств (иногда под ними понимают «мостовые тракторы») показал возможность использования трехточечных навесных устройств. Изучение конструктивных особенностей последних при их применении на указанных агросредствах практически не освещается в научной литературе. При этом достаточно хорошо известно, что существенное влияние на перераспределение нормальных реакций на колесах традиционного трактора оказывают углы наклона центральной и нижних тяг его навесного механизма. А сам характер перераспределения нормальных реакций на колесах трактора определен конструктивными параметрами его навесного механизма и агрегатированной с ним сельскохозяйственной машиной или орудием.

Целью исследований является повышение тягово-сцепных свойств, устойчивости и управляемости движения специализированных ширококолейных агросредств (на примере агросредства конструкции ТГАТУ), путем обоснования параметров навесного устройства и схемы присоединения к нему сельскохозяйственных машин и орудий. В результате исследований установлено, что при отрицательном угле наклона нижних тяг наиболее приемлемой является настройка навесного устройства агросредства конструкции ТДАТУ (рис. 1), когда угол наклона верхней тяги имеет большое положительное значение, достигая отметки 40 град. Поскольку в этом случае вертикальная нагрузка на его задних колесах увеличена в среднем в 1,5 раза относительно своего статического состояния, а нормальная реакция на передних колесах снижена до 60%, что допустимо с позиции достаточной управляемости движения при кинематическом способе его управления. Нормальная реакция на опорном колесе сельскохозяйственного орудия при этом желаемо уменьшена или практически равна своей статической величине. При положительном угле наклона нижних тяг навесного устройства агросредства конструкции

ТГАТУ наиболее желаемая настройка верхней тяги при углах наклона от 25 до 35 град. Поскольку в этом случае имеем определенное снижение уплотняющего воздействия опорных колес сельскохозяйственного орудия на почву в плодоносной зоне поля, догрузку задних колес и допустимое снижение (до 30%) вертикальной нагрузки на его передних колесах. В результате исследований рекомендовано на указанных ширококолейных агросредствах дополнительно использовать регуляторы для корректировки нормальной вертикальной нагрузки на опорных колесах сельскохозяйственной машины или орудия. Это позволит практически полностью исключить уплотняющего воздействие на почву ходовых систем машин в плодоносной (агротехнической) зоне поля.

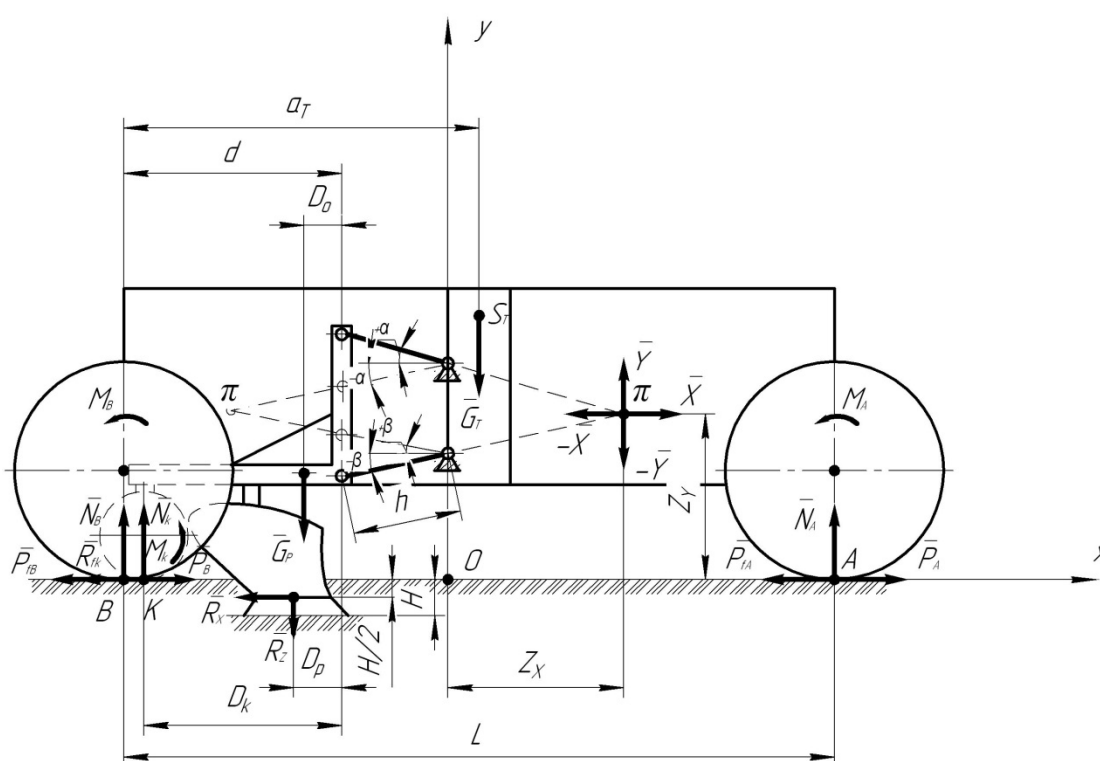


Рис. 1. Схема сил и моментов, действующих на ширококолейное агросредство в продольно-вертикальной плоскости.

В результате исследований установлено, что кроме углов наклона тяг навесного устройства специализированного ширококолейного агросредства, существенное влияние на перераспределение нормальных реакций на его передних и задних колеса оказывают такие конструктивные параметры, как расстояние от навесного устройства до центра сопротивления и опорного колеса сельскохозяйственной машины или орудия. Настройка трехзвенного навесного механизма с большим положительным углом наклона центральной тяги (достигая 40 град и выше) и отрицательным углом наклона нижних тяг возможна только после детального изучения кинематики его работы, что может послужить

основанием для дальнейших исследований. С целью практически полного исключения уплотняющего воздействие на почву ходовых систем машин в плодородной (агротехнической) зоне поля рекомендуется использовать регуляторы для корректировки нормальной вертикальной нагрузки на опорных колесах сельскохозяйственной машины или орудия, работающих по принципу известных увеличителей сцепного веса.

УДК 631.37

НОВА МЕТОДИКА КОМПЛЕКТУВАННЯ ТЯГОВО-ПРИВОДНИХ ГРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ З ТРАКТОРАМИ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ

Кюрчев В.М., доктор технічних наук, професор, член-кореспондент

НААН України, **Кувачев В.П.**, кандидат технічних наук, доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

Поява абсолютно нових енергонасичених тракторів тягово-енергетичної концепції потребує сьогодні не тільки нових принципів їх агрегатування, а і методики комплектування агрегатів на їх основі.

Останнім часом в науковій літературі пропонується нова методика здійснювання розрахунків з комплектування машинно-тракторних агрегатів на основі наявної технічної інформації з чіткою послідовністю інженерних розрахунків. Але у зазначеній літературі питання комплектування ґрунтообробних агрегатів з тяговими і приводними робочими органами на основі енергонасичених тракторів тягово-енергетичної концепції розглядаються тривіально і дуже поверхнево.

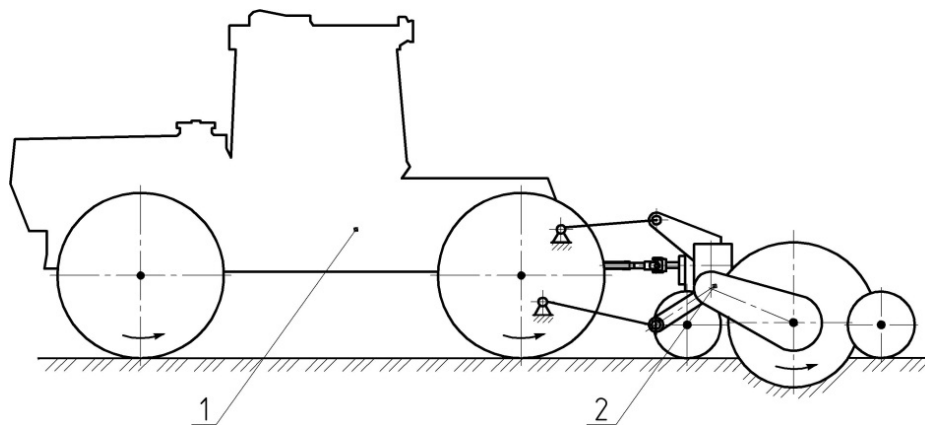


Рис. 1. Тягово-привідний ґрунтообробний машинно-тракторний агрегат:
1 – енергонасичений трактор тягово-енергетичної концепції; 2 – сільськогосподарська машина з тяговими і приводними робочими органами.

Мета досліджень полягає в підвищенні ефективності комплектування ґрунтообробних агрегатів з тяговими і приводними робочими органами на основі енергонасичених тракторів тягово-енергетичної концепції.

При виконанні дослідження використані методи теорії трактора, машиновикористання, польових експериментальних досліджень, статистичні методи обробки результатів досліджень, а також методи складання програм та числових розрахунків на ПК. В основу методики комплектування ґрунтообробних агрегатів з приводом активних робочих органів сільськогосподарських машин від вала відбору потужності енергонасиченого трактора (рис. 1) покладемо статистичний енергетичний баланс останнього.

В результаті досліджень отримано математичну модель реалізації в агрегаті з тяговими і приводними робочими органами корисної потужності енергонасиченого трактора, що в конкретних умовах роботи забезпечить максимальну продуктивність і мінімальну витрату палива:

$$\left. \begin{aligned} N_a &= N_e \cdot \eta_m (1 - \delta) - f \cdot GV \geq N_{un}; \\ N_{\mu pl} &= GV (\lambda \mu - f) - N_e \cdot \eta_m \cdot \delta \geq N_{pl}; \\ N_{un} &= N_{PTO} \pm N_{pl}; \\ N_{pl} &= k_0 \left[1 + (V - V_0) \frac{\Delta c}{100} \right] B_{un} \cdot V; \\ N_{PTO} &= k_{PTO} \cdot B_{un} \cdot V \leq [N_{PTO}^m]; \\ W &= 0.36 B_{un} \cdot V \rightarrow \max; \\ \eta_t &= \frac{N_{pl}}{N_e - N_{PTO}} \rightarrow \max; \\ \eta &= \frac{N_{pl} + N_{PTO}}{N_e} \rightarrow \max; \\ q &= \frac{10^{-3} q_e \cdot N_e}{W} \rightarrow \min. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В системі рівнянь (1) прийнято наступне позначення: N_a – корисна (активна) потужність, яка може бути реалізована енергонасиченим трактором для виконання технологічного процесу в складі машинно-тракторного агрегату, кВт; N_e – ефективна потужність двигуна трактора, кВт; $N_{\mu pl}$ – потужність, що обумовлена зчіпними властивостями трактора, кВт; N_{pl} – тягова потужність машинно-тракторного агрегату; N_{un} – потужність, яка необхідна для роботи тягово-привідного агрегату, кВт; N_{PTO} – потужність, яка витрачається на активний привід робочих органів тягово-привідного агрегату, кВт; G – вага трактора, кН; V – робоча швидкість руху агрегату, км/год; B_{un} – ширини захвату агрегату, м; η_m – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора; f – коефіцієнт опору коченню коліс трактора; δ – коефіцієнт буксування рушіїв трактора; k_0 – питомий тяговий опір сільськогосподарської машини (кН/м) при еталонній швидкості руху $V_0 = 5$ км/год; Δc – темп зростання питомого тягового опору, %; k_{PTO} – питома потужність, яка витрачається на привід

робочих органів від валу відбору потужності, кН; λ – частка експлуатаційної ваги трактора, що припадає на рушій; μ – коефіцієнт зчеплення рушіїв трактора із ґрунтом; q – мінімальна витрата палива (питома) на одиницю виконуваної роботи, кг/га; q_e – питома витрата палива (номінальна) двигуном трактора, г/кВт·год; W – максимальна продуктивність агрегату за 1 год «чистої» роботи, га/год; η_t і η – максимальний тяговий та повний коефіцієнт корисної дії трактора.

Задача комплектування машинно-тракторного агрегату з тяговими і приводними робочими органами залежить від поставленого завдання. Методика розв’язання останнього має декілька напрямів:

1) для заданого енергонасиченого трактора потрібно підібрати сільськогосподарську машину з тяговими і приводними робочими органами;

2) для заданої сільськогосподарської машини з тяговими і приводними робочими органами потрібно підібрати агрегуючий трактор, який забезпечує максимальну продуктивність агрегату при мінімальних енерговитратах на виконання технологічної операції;

3) при відомому складі ґрунтообробного агрегату з тяговими і приводними робочими органами на основі енергонасиченого трактора необхідно обґрунтувати раціональну швидкість його руху, за якою найбільш повно використовуються ефективна потужність двигуна трактора в заданих умовах експлуатації.

В вирішенні завдань першого напрямку є визначення такої ширини захвату B_{un} і швидкості руху V агрегату, за яких будуть справедливі умови системи рівнянь (1). У вирішенні задач другого напрямку, перш за все, необхідно аналітично розрахувати діапазони мінімально необхідної експлуатаційної ваги трактора $G_{min}, \dots, G_{max}$ і ефективної потужності $N_{e min}, \dots, N_{e max}$ його двигуна у встановленому діапазоні агротехнічно-допустимих швидкостей $V_{min}, \dots, V_{max}$ руху агрегату, за яких будуть справедливі умови системи рівнянь (1).

Розв’язання задач третього напрямку зводиться до аналітичного визначення такої раціональної швидкості V руху МТА, за якою також будуть справедливі умови наведеної системи рівнянь (1).

Проблему комплектування ґрунтообробних агрегатів з тяговими і приводними робочими органами на основі енергонасичених тракторів тягово-енергетичної концепції слід розв’язувати з урахуванням запропонованої умови реалізації корисної потужності через тягову, визначену зчірними властивостями трактора, і потужності, яку трактор здатний фактично передати через вал відбору потужності або гідросистему. Використовуючи запропоновану методику, можна вирішувати завдання з комплектування ґрунтообробних агрегатів з тяговими і приводними робочими органами на основі технічної інформації, представленої в характеристиках тракторів і сільськогосподарських

машин, та загальновідомій довідковій літературі з питань машиновикористання в землеробстві. При цьому підлягає подальшому обґрунтуванню припущення, за яким розрахунок потужності на привід робочих органів здійснюється через осереднені значення питомої потужності на одиницю ширини захвата і швидкості руху агрегату.

УДК 517.977.5

МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ

Ловейкін В.С., доктор технічних наук, професор (lovvs@ukr.net),

Ромасевич Ю.О., доктор технічних наук, доцент
(romasevichyuriy@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Проблеми оптимального за швидкодією керування технічними системами є досить поширеними. Їх розв'язання дозволяє підвищити продуктивність машин і механізмів із врахуванням обмежень стосовно можливостей реалізації оптимального керування. Загальною проблемою для таких задач є визначення моментів перемикання керування. Авторами пропонується методика для виконання таких розрахунків моментів. Спочатку на основі апіорних даних задається певна величина кількості перемикання керування n , яка в процесі виконання розрахунків зменшується. Ці розрахунки полягають в тому, що розв'язується задача нелінійного програмування:

$$\sum_{i=0}^n t_{\xi} + \sum_{j=1}^k \lambda_j \left(s_j^n \left(\sum_{i=0}^n t_{\xi} \right) - s_{j,T}^n \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$
$$\sum_{\xi=0}^i t_{\xi} - \sum_{\xi=0}^{i-1} t_{\xi} \geq 0,$$

де k – кількість фазових координат системи; λ_j – j -тий невизначений множник Лагранжа; $s_{j,T}^n$ – кінцеве значення j -тої фазової координати системи ($j = \overline{1, k}$); t_{ξ} – тривалість ξ -го етапу руху системи від початку керованого процесу до моменту початку i -го етапу руху. При розв'язанні задач (1) деякі з розв'язків будуть нульовими (або близькими до нуля, залежно від точності вибраного для численних розрахунків методу). Необхідно зменшити величину n на кількість нульових (або близьких до нуля) розв'язків задачі (1) і повторити розрахунки. При цьому ті етапи руху системи, тривалість яких рівна нулю (або близька до нуля), не будуть враховані в розрахунках. Це дозволить одержати розв'язок задачі (1), для яких тривалість етапів не будуть нульовими, тобто отримати кінцевий розв'язок задачі оптимальної швидкодії.

УДК 62:21474

**ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ
БІОМІНЕРАЛІЗОВАНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ**

Логун І.В., кандидат технічних наук, доцент, **Кирик О.М.**

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,

м. Бережани

На сьогоднішній день одним з альтернативних видів моторного палива нафтового (мінерального) походження є біопаливо, вироблене з рослинної біомаси (біомаса – невикопного органічний матеріал, прямо або побічно вироблений шляхом фотосинтезу).

Перехід на використання моторного біопалива дозволяє одночасно вирішити ключову проблему сучасності – задовольнити зростаючі потреби в енергії без шкоди для навколишнього середовища.

Основними факторами розвитку індустрії біопалива є:

- значне зростання цін на викопні енергоносії, наприклад у 2017 році середньорічна ціна на нафту в світі склала \$60 за барель;
- світових розвіданих запасів нафти і природного газу вистачить, за прогнозами, при сучасному рівні видобутку на 40 і 60 роки відповідно;
- виробництво викопних видів палива незабаром перестане задовольняти зростаючий попит;
- глобальні проблеми екологічної безпеки;
- можливість зниження залежності від імпорту енергоресурсів для країн з низьким рівнем власних запасів викопної сировини;
- стимулювання і підтримка розвитку аграрного сектора.

Для стимулювання цих процесів в деяких країнах розроблено комплекс заходів, що включає в себе законодавче регулювання, індикативне планування обсягів виробництва, пільгове оподаткування, бюджетну підтримку і ін. [3]

Активна робота по вивченню і застосуванню біодизельного палива проводиться у Франції, Німеччині, Італії, Фінляндії, Чехії, Швеції, Австрії і Великобританії. У ній беруть участь багато провідних компаній світу: «Форд Мотор», «Фіат Авто», «Даймлер Крайслер» та ін. Однак незначний обсяг експериментальних досліджень і суперечливість отриманих результатів працездатності дизелів на рослинних оліях або сумішевих паливах не дозволяють поки однозначно судити про оптимальність застосування конкретного виду олії або продуктів її переробки в якості біопалива. Використання результатів цих досліджень навіть для порівняльної оцінки ефективності та розрахунку техніко-економічних показників роботи автотракторної техніки утруднено. Це обумовлено неоднаковими умовами проведених експериментів і практичної експлуатації дизелів, важкими для співставлення.

Тому для перетворення досліджуваних біопалив в товарні палива для дизелів необхідно проведення подальших, більш повних і систематичних,

наукових досліджень в цій області. Разом з тим, всі дослідники приходять до єдиної думки про доцільність застосування відновлюваних джерел енергії з рослинної біомаси в якості перспективних екологічно чистих видів палива для ДВЗ [1].

Виходячи з літературних даних і проведених досліджень, можна виділити основні переваги біомінералізованого сумішевого палива в порівнянні з мінеральним дизельним паливом:

- хороша займистість і досить високе цетанове число (38–42);
- досить висока нижча теплота згоряння (36,99–41,142 МДж / кг);
- поліпшені мастильні властивості;
- кращі екологічні властивості по оксиду вуглецю та димності;
- дизель не вимагає істотних конструктивних змін;
- поновлювані;
- замкнутий кругообіг вуглекислого газу;
- використання спресованої соломи ріпаку в якості палива для опалювальних потреб;
- відсутність сірки і токсичних речовин;
- незначний викид забруднювачів (за винятком оксидів азоту);
- ріпакова олія – найпоширеніше рослинна олія і найбільш стійка до впливу низьких температур (без добавок мінімум до мінус 10 °С);
- ріпак затримує поживні речовини в ґрунті, покращує її структуру, підтримує родючість ґрунту, добре переробляє органічні добрива;
- при виробництві ріпакової олії отримують такі цінні побічні продукти, як гліцерин і макуха (шрот);
- ріпак - відмінний медонос (з 1 га посівів бджоли збирають до 90 кг меду);
- ріпакова олія нетоксична, не забруднює ґрунтові води і водойми (при витоках практично повністю розкладається в ґрунті протягом трьох тижнів), забезпечує рекультивацію радіоактивно заражених земель;
- використання біопалива не знижує ресурс двигуна, зменшує емісію шкідливих речовин у відпрацьованих газах на 25–50%, частково звільняє сільгосптоваровиробника від нафтової залежності;
- ріпакова олія – одна з найбезпечніших видів палива (температура займання 325 °С) [2].

Головні недоліки дизельного сумішевого палива:

- незначна втрата потужності двигуна (до 5%);
- підвищений питома ефективна витрата палива (на 7–11%);
- неприємний запах відпрацьованих газів;
- збільшена швидкість закоксування поверхні камери згоряння і розпилювачів форсунок;
- дещо більша агресивність до гумовотехнічних виробів і лако-фарбових покриттів;

- гірші екологічні властивості по оксиду азоту (на 12% більше для дизелів з нерозділеного камерою згоряння і на 10% – для дизелів з вихровою камерою) в порівнянні з товарним нафтовим дизельним паливом;

- так як біопаливо є кислотовмісних з'єднанням, то нижча теплота згоряння ефірів дещо менше, ніж у мінерального дизельного палива і, як наслідок, зменшений на 2,5% ефективний ККД.

Для наближення властивостей рослинних олій і похідних на його основі до нафтового дизельного палива можливі наступні способи обробки натуральної рослинної олії:

- змішування її з товарним дизельним паливом;
- ультразвукова обробка рослинного палива;
- обробка рослинного палива надвисокочастотними електромагнітними коливаннями;
- обробка в апаратах з вихровим шаром феромагнітних частинок;
- створення мікроемульсій зі спиртами, водою;
- розробка та впровадження присадок;
- глибоке очищення від смолистих і парафінових складових;
- обробка в присутності спиртів (переетерифікація);
- переробка в вуглеводні за рахунок деструкції молекул тригліцеридів.

Тому для перетворення досліджуваних біопалив на товарні палива для дизелів необхідне проведення подальших, повніших і систематичних, наукових досліджень в цій області. В той же час, всі дослідники приходять до єдиної думки про доцільність вживання поновлюваних джерел енергії з рослинної біомаси як перспективні екологічно чисті види палива для ДВС.

Перелік посилань

1. Федоренко В.Ф., Колчинский Ю.Л., Шилова Е.П. Состояние и развитие производства биотоплива: науч. анализ. обзор. Москва. ФГНУ «Росинфорагротех». 2007. 130 с.

2. Нагорнов С.А., Макушин А.А., Романцова С.В. Биотопливо для дизелей. Автомобильная промышленность. 2006. №10. С. 35–36.

3. Васильев И.П. Влияния топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. Изд-во ВНУ имени Владимира Даля. 2009. 241 с.

УДК 631.147:632.937.3

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ ЯК ОБ'ЄДНУЮЧИЙ ПРОЦЕС ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА ТА ТВАРИННИЦТВА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Марус О.А., кандидат технічних наук, доцент, Голуб Г.А., доктор технічних наук, професор (marus_o@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ

При переході на виробництво екологічно-безпечної продукції рослинництва необхідно, в першу чергу, відмовлятися від застосувань мінеральних добрив та використовувати органічні. Більшість господарств в Україні перейшло лише на виробництво продукції рослинництва, і лише частина господарств виробляє продукцію тваринництва. Тому перейти на виробництво екологічно-безпечної продукції господарствам досить складно, навіть при наявності бажання, оскільки відмовитись від мінеральних добрив неможливо в зв'язку з відсутністю у власному господарстві, або у колег підприємців, що знаходяться поруч, галузі тваринництва, яка може забезпечити органічними добривами.

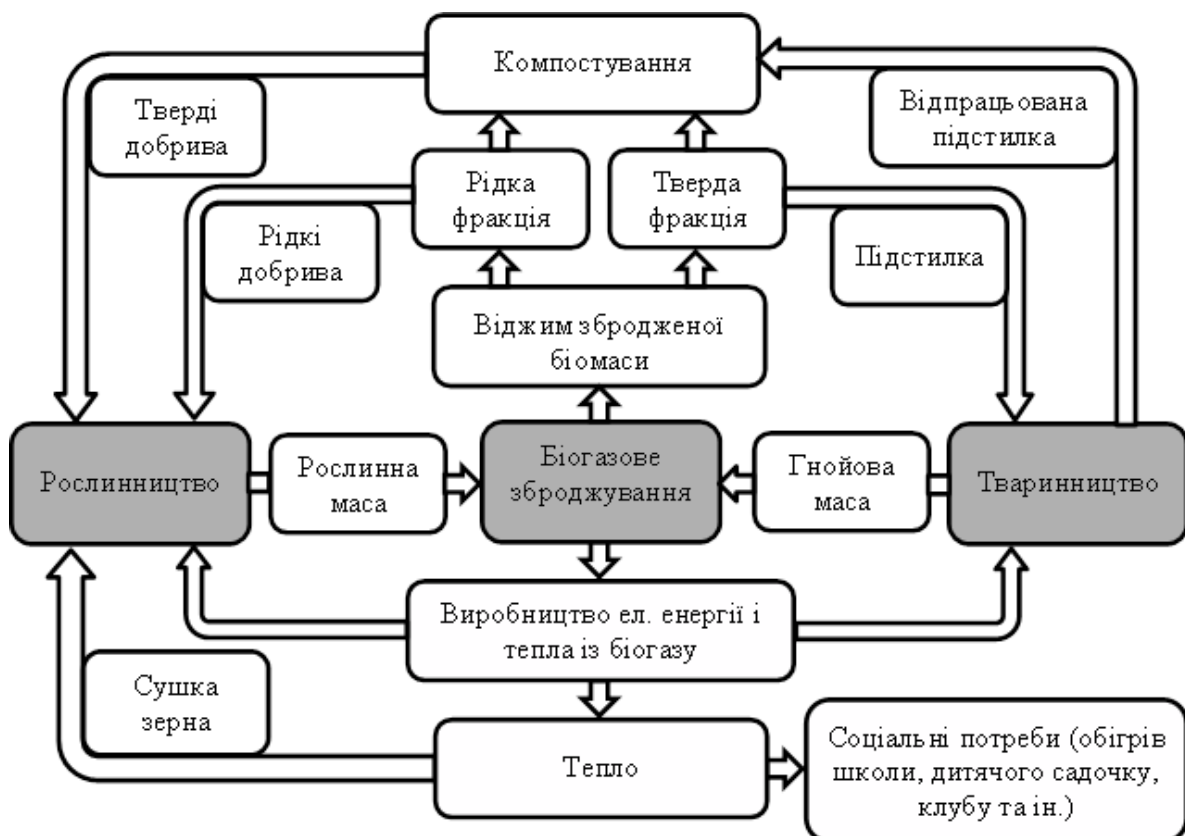


Рис. Схема біоенергоконверсії потоків речовини і енергії при органічному виробництві з використанням біогазового зброджування.

У виробників продукції тваринництва ситуація аналогічна – відсутність сертифікованої органічної продукції рослинництва

унеможливилося вироблення органічної продукції тваринництва. Закуповування для виробництва органічної продукції тваринництва зерна, комбікормів або рослинних кормів призводить до зростання ціни на кінцеву продукцію, що негативно впливає на формування ціни на дану продукцію, а відповідно і на її попит. Господарствам, що взяли курс на виробництво органічної продукції рослинництва, у свою чергу, необхідно мати ресурси екологічно безпечних для ґрунтів органічних добрив. Отримати такі добрива неможливо без переробки гною та посліду з використанням процесів компостування та зброджування, при цьому енергетичне забезпечення цих процесів доцільно здійснювати за рахунок використання біогазових установок.

Основні елементи технологій переробки продукції та відходів рослинництва і тваринництва приведені схематично на рисунку.

Одним з варіантів співпраці з колегами є створення фермерських кооперативів, що дозволить спільно вирішувати окремо вузькогалузеві проблеми виробництва органічної продукції з метою отримання додаткового прибутку.

Прикладом такої співпраці може бути виробництво додаткових енергоресурсів за рахунок переробки гною і отримання енергоресурсу у вигляді біогазу або електроенергії, до того ж у виробників продукції тваринництва стоїть питання утилізації гною та залишків від забійного цеху. А виробництво біогазу з подальшою переробкою його в електричну енергію дозволить отримати додатковий енергетичний ресурс (теплову енергію), який можливо використовувати при сушінні зерна в рослинництві та підігріву приміщень для утримання телят в тваринництві, а також в соціальній сфері.

УДК 678.057.621.787

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СТАЛЕЙ В АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Матвійшин П.В., кандидат технічних наук, доцент
(GospodarBATI@gmail.com)

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани*

Досліджувалися сталі 20, 45, У8, ШХ15, 38ХМЮА і Х12 на зношування в абразивному середовищі, що моделювало умови роботи екструдерів при виготовленні комбікормів з фуражного зерна, відходів зернового виробництва з добавками мінералу сапоніту. Мінерал сапоніт має в своєму складі більше 20 мікроелементів, які сприяють росту тварин і підвищенню якості продукції. В складі сапоніту є кварцовий пісок, що

створює абразивне середовище і приводить до швидкого зношування шнеків і циліндрів екструдерів.

Дослідження проводились на спеціальній установці, що моделювала умови роботи екструдера в модельному розчині, при тиску 4 МПа і швидкості ковзання 1,37 м/с і температурі 120-140 °С. Модельний розчин складався з муки, сапоніту та води в пропорції 9:1:8 відповідно.

Дослідженнями встановлено обернено пропорційну залежність зносу і інтенсивності зношування від твердості поверхні тертя для мало легованих сталей з стабільною структурою (сталі 20, 45, У8). Наявність легуючих елементів приводить до зменшення інтенсивності зношування сталей в порівнянні з нелегованими при однаковій їх твердості. Особливо позитивний вплив на підвищення зносостійкості сталей має хром. Серед досліджуваних сталей, що містили хром (сталі ШХ15, 38ХМЮА, Х12), найвищу зносостійкість показала сталь Х12, вміст хрому в структурі якої складав 12% (табл. 1).

Таблиця 1. Знос зразків сталей з різною термічною та хіміко-термічною обробкою в середовищі модельного розчину при різному шляху тертя.

№	Марка сталі та її обробка	Твердість поверхні, МПа	Знос, мкм			
			Шлях тертя, м			
			3000	6000	9000	12000
1	сталь 20 без обробки	2310	68	132	195	258
2	45 гартування	5180	53	103	153	203
3	У8 гартування	6500	48	91	134	177
4	ШХ15 гартування	6510	43	80	116	152
5	Х12 гартування	6700	39	72	105	138
6	38ХМЮА іонне азотування	10050	25	43	63	88
7	45 іонне азотування	5450	26	47	70	98
8	ШХ15 іонне азотування	7860	24	43	64	90
9	Х12 іонне азотування	8600	22	39	58	82
10	сталь 20 цементация	6950	28	52	78	108
11	Х12 нітрогартування	8100	15	25	38	55

Сталі, що містять в своїй структурі метастабільні фази, не підлягають обернено пропорційній залежності зносу від твердості. Досліджувалась сталь Х12 після гартування від різних температур (950-1150 °С) з різним вмістом залишкового аустеніту (20-91%). Встановлено вплив залишкового аустеніту на інтенсивність зношування сталі Х12 в даних умовах випробувань. Ця залежність параболічна з оптимумом 55% залишкового аустеніту, наявність якого забезпечує мінімальну інтенсивність зношування.

Дослідження зносостійкості сталей після різної хіміко-термічної обробки (цементация, іонного азотування і нітрогартування) (табл. 1)

показали, що найвищу зносостійкість в даних умовах випробувань мали зразки із сталі Х12 після нітрогартування (іонне азотування з наступним гартуванням) від температури 1050 °С, в яких зносостійкість в 1,5 рази вища в порівнянні з азотованими і в 3 рази вища в порівнянні з гатованими зразками із сталі 45.

Дослідження кінетики зношування сталей з градієнтними покриттями та наявністю метастабільних фаз в їх структурі показали, що інтенсивність зношування після періоду припрацювання поступово збільшувалась по мірі зношування градієнтного зміцнювального шару і наближається до інтенсивності зношування основи. Це пояснюється зменшенням твердості по глибині градієнтних покриттів.

УДК 631.3

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО КЛАСУ ТРАКТОРА

Мельник В.І., доктор технічних наук, старший науковий співробітник
(victor_melnik@ukr.net)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

На сьогодні в Україні практично відмовилися від класифікації тракторів за тяговим зусиллям. Тепер можливість агрегаткування с.-г. машини із трактором визначають за нормованою потужністю двигуна останнього у відповідності із європейськими методиками. Ми не зважаємо на те, що ефективність використання тракторів на заході в 2 – 10 разів гірша, чим в бувшому Радянському Союзі [1], а класифікація тракторів і машин за тяговим зусиллям була наріжним каменем тодішньої методики ефективного комплектування агрегатів.

Вертатися зараз до застарілої, хоч і ефективної методики немає ні можливості, ні сенсу. Зараз широко застосовують трактори тягово-енергетичної та енергетичної концепції, що мають збиткову потужність двигуна, яку неможливо реалізувати через рушій, тобто, через тягове зусилля.

В основу методики, яка пропонується, на заміну покладено визначення розрахункового значення тягового зусилля трактора, яке вказує на його тяговий клас, визначається за результатами польових випробувань і враховує наступне: 1) до уваги приймають увесь агротехнічно обумовлений робочий діапазон швидкостей – 5 - 15 км/год; 2) максимум тягової потужності двигуна повинен припадати на вказаний робочий діапазон швидкостей, причому бажано ближче до його середини (підлягає обґрунтуванню); 3) фактичне буксування на мінімальній робочій швидкості 5 км/год і відповідно при максимальному робочому тяговому

зусиллі в нормованих умовах не повинно перевищувати допустиме значення; 4) тяговий ККД трактора в межах робочого діапазону швидкостей повинен бути не меншим від мінімального обмеження.

Класифікацію тракторів тягово-енергетичної та енергетичної концепції також виконують за тяговим зусиллям у відповідності із приведеними критеріями та методикою, але доповнюють додатковим коефіцієнтом енергонасиченості, який вказує на ту частину потужності двигуна, яку в нормованих умовах, та в межах робочого діапазону швидкостей неможливо реалізувати через рушій.

Всі перелічені критерії, а саме граничні значення буксування та тягового ККД трактора підлягають обґрунтуванню окремо для всіх сучасних варіантів конструкції тракторних рушіїв.

Перелік посилань

1. Мельник В.И. Размер угодий хозяйства – основной фактор минимизации его потребности в тракторах и другой технике. Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 1. С. 49–54.

УДК 631.172

СІВАЛКА ДЛЯ СУМІСНИХ ПОСІВІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Мельник В.І., доктор технічних наук, старший науковий співробітник,
Пастухов В.І., доктор технічних наук, професор, **Бакум М.В.**, кандидат
технічних наук, професор, **Крохмаль Д.В.**

*Харківський національний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Сумісні посіви дозволяють більш ефективно використовувати посівні площі, збільшити збір з одиниці площі, підвищити якість кормів. Особливо це стосується сумісних посівів зернових з бобовими [1].

З появою нових високоврожайних сортів як сої, так і кукурудзи з'явилася можливість значно підвищувати ефективність сумісних посівів, у тому числі здійснити найбільш ефективний спосіб сумісних посівів кукурудзи та сої, коли насіння цих культур висівають в один рядок [2]. Така можливість з'явилася з розробкою спеціальної сівалки для сумісних посівів. Дослідження, проведені у весняно-літній період 2017 року в господарських умовах державного підприємства «Експериментальне господарство» «Кутузівка» Інституту сільського господарства Північного Сходу Національної академії природних наук, присвячені вивченню сумісних посівів кукурудзи та сої з використанням дослідної моделі сівалки на базі Vega-8 Profi виробництва ПАО «Elvorti», визначення якісних показників роботи та ефективність її використання. Розроблена сівалка для сумісних посівів дозволяє виконувати сівбу одночасно двох

культур в один рядок. Технічна характеристика сівалки на базі Vega-8 Profi для сумісних посівів: ширина міжряддя – 70 см, ширина захвату сівалки – 5,6 м; робоча швидкість – 4,7–12,0 км/год; глибина заробки насіння – 4–10 см; кількість культур, що висіваються в один рядок – 2, кількість висівних апаратів по всій ширині захвату сівалки – 16; агрегатується з трактором класу 2,0 кН; висіваючі апарати – пневматичні; кількість висіваючих апаратів в рядку – 2.

При дослідженні сумісних посівів кукурудзи та сої, застосовувались такі сорти: кукурудзи – «Соломенська 298», сої – «Хуторяночка». Посів сумісних культур був виконаний з урахуванням оптимальної температури. З метою вивчення впливу швидкості сумісного посіву на показники якості сівба проводилася зі швидкістю 10,0 км/год; 7,7 км/год та 4,7 км/год.

Незважаючи на те, що за конструктивними особливостями глибина заробки насіння кукурудзи та сої повинні бути однаковими, заробка сої була значно меншою (на 16,8 мм) в порівнянні з кукурудзою і складала, відповідно 64,48 мм та 81,45 мм. Настільки значуща різниця пояснюється тим, що за різними причинами не було забезпечено горизонтальність сніці сівалки. Крім того, спостерігалась значна нерівномірність заробки по глибині, про що свідчать мінімальні та максимальні значення глибини заробки насіння та значення середньоквадратних відхилень, які для цих культур повинні бути $\pm 20,0$ мм та $\pm 30,0$ мм. Слід відзначити, що рівномірність заробки насіння по крайнім (1–8) сошників і середнім (4–5) також відрізнялася: по крайнім сошниках глибина заробки була значно меншою.

Аналіз отриманих даних показує, що зміна швидкості руху дослідної сівалки в межах 10,0...4,7 км/год істотно не впливає на показник польової схожості кукурудзи та сої.

Густота насадження в період повних сходів по кукурудзі склала 3,77 шт/п.м. (53,8 тис. шт/га). Густота сої в період повних сходів була 6,4 шт/п.м. (92,7 тис. шт/га.) Загальна врожайність силосної маси на сумісних посівах склала 153,3 ц/га.

Перелік посилань

1. Гноєвий І.В., Трішин О.К. Система сталого виробництва і ефективного використання кормів за цілорічно однотипної годівлі високопродуктивних корів. Методично-практичний посібник. Харків. 2007. С. 30–34.

2. Мельник В.И., Пастухов В.И., Бакум М.В., Крохмаль Д.В. Материалы «круглого стола»: «Совместный высев пропашных культур – технико-технологические проблемы и задачи». Інженерія природокористування. Харків. 2016. №2 (6). С. 29–38.

**АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БОЛТОВОГО
З'ЄДНАННЯ СІЛЬГОСПТЕХНІКИ**

Михайлович Я.М., кандидат технічних наук, професор
(yaroslav_m@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Рубець А.М., кандидат технічних наук, доцент (a-rubets@ukr.net)

Білоцерківський національний аграрний університет, м. Біла Церква

В дослідженні розглянуто аналіз просторових коливань головки болта та гайки для частинного випадку, коли $z_1 = 0$ та $z_2 = 0$. Плоский рух на опорній поверхні головки болта та гайки запишеться у простій формі [1]:

$$\begin{cases} x_1 = a_{1.1} \cos(\omega_{1.1}t + \varphi_{1.1}) \\ y_1 = a_{1.2} \cos(\omega_{1.2}t + \varphi_{1.2}) \end{cases} \begin{cases} x_2 = a_{2.1} \cos(\omega_{2.1}t + \varphi_{2.1}) \\ y_2 = a_{2.2} \cos(\omega_{2.2}t + \varphi_{2.2}) \end{cases} \quad (1)$$

В певних співвідношеннях початкових фаз $\varphi_{1.1}, \varphi_{1.2}; \varphi_{2.1}, \varphi_{2.2}$ кругових частот $\omega_{1.1}, \omega_{1.2}; \omega_{2.1}, \omega_{2.2}$ та амплітуд $a_{1.1}, a_{1.2}; a_{2.1}, a_{2.2}$ вісь болта O_1O_2 виконуватиме кутові коливання навколо положення рівноваги. На теперішній час отримано теоретичні залежності кінематичних параметрів різьбових з'єднань в умовах просторової вібрації [2]. Для виявлення реальних характеристик вібрації різьбових з'єднань було записано вібрацію в трьох взаємно перпендикулярних напрямках. На основі аналізу запису вібрації 3-D блоками датчиків під головкою болта та гайкою виявлено, що за характером вібрації заміряної у відповідних напрямках X, Y, Z різьбові з'єднання можна розділити на дві групи:

1 – з'єднання, різниця коливань в яких у відповідних напрямках між опорною поверхнею болта і гайки відрізняється від нуля;

2 – з'єднання, різниця коливань в яких у відповідних напрямках між опорною поверхнею болта і гайки мало відрізняється від нуля і нею можна знехтувати. Для ґрунтового опису даних груп введемо поняття «синхронне з'єднання» – з'єднання групи 2, «не синхронне з'єднання» – з'єднання групи

Кутові швидкості осі болта для синхронного з'єднання, вираховані чисельним методом, лише в окремих випадках досягають до 0,003 рад/с (рис. 1), що підтверджує дану особливість синхронного з'єднання.

Для не синхронного з'єднання спостерігаються стрімкі зростання та нульові значення протягом окремих періодів. Максимальні значення кутової швидкості складають 0,092 рад/с.

Питома кінетична енергія різьбового з'єднання запишеться з відомої залежності:

$$W_k = \frac{V^2}{2}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

де V – миттєва швидкість з'єднання, м/с.

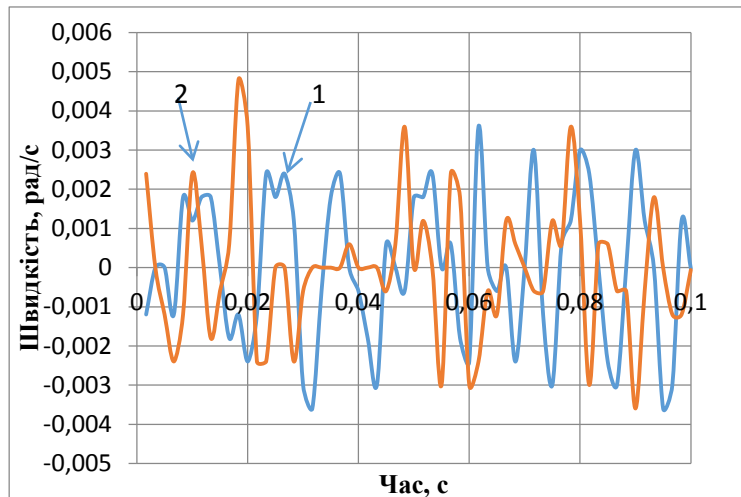
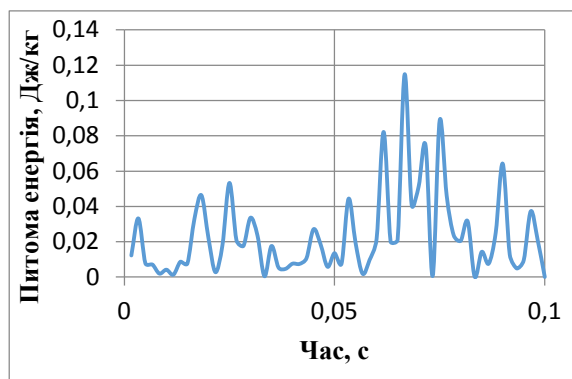


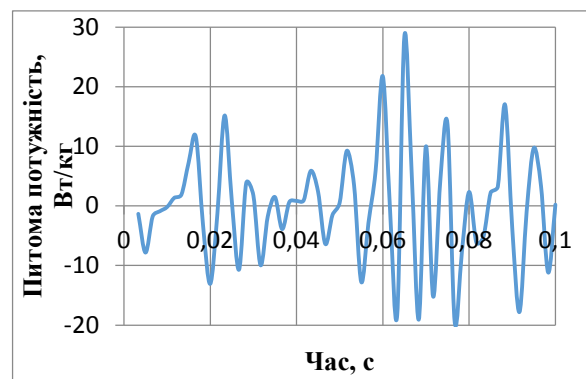
Рис. 1. Кутова швидкість осі синхронного болтового з'єднання для осі x (1) та для осі y (2), рад/с.

Енергетичний аспект коливань різьбового з'єднання з точки зору причин послаблення вивчався авторами Zhen Zhang, Menglong Liu, Zhongqing Su, Yi Xiao [3]. Величина питомої потужності (Вт/кг) у випадку коливань у площині загвинчування-розгвинчування (XY) приймає значення як додатні так і від'ємні

значення. Найбільший науково-технічний та практичний інтерес складає тренд потужності вібрації різьбового з'єднання. Зростання питомої потужності може бути причиною зниження дисипативних параметрів системи через пошкодження контактуючих поверхонь, наявності залишкової деформації елементів з'єднання, виникнення руйнувань; збільшення вимушеної сили може бути наслідком підвищення дисбалансу рухомих деталей чи механізмів, нерівномірність технологічного навантаження на робочі органи.



а)



б)

Рис. 2. Питома енергія вібрації (а) та питома потужність (б) синхронного з'єднання.

Числовий аналіз вібрації різьбового з'єднання сільськогосподарській техніці дозволяє судити про навантаженість різьбового з'єднання поперечною вимушеною силою та кутовими відносними коливаннями опорних поверхонь головки болта і гайки. Дослідження актуальні для використання у симулятивному моделюванні даного процесу яке дозволить прогнозувати ресурс різьбового з'єднання, запланувати

профілактичні дії та досягти максимальної відповідності необхідних параметрів різьбових з'єднань умовам роботи машини.

Перелік посилань

1.Рубець А.М. Робота болтового з'єднання сільськогосподарської техніки в умовах 3-D вібрації. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2013. Вип. 17(31). Книга 1. С. 252–260.

2.Рубець А.М. Рух точок нейтральної лінії різьбового стрижня шпилькового з'єднання сільськогосподарської техніки під впливом поперечної вібрації. Техніка і технології АПК. 2014. № 2. С. 19–21.

3.Zhen Zhang, Menglong Liu, Zhongqing Su, Yi Xiao. Quantitative evaluation of residual torque of a loose bolt based on wave energy dissipation and vibro-acoustic modulation: A comparative study. Journal of Sound and Vibration 383. 2016. P. 156–170.

UDK 621.929.7

**DEVELOPMENT OF VIBRATING MILL WITH ANGULAR
OSCILLATIONS FOR MANUFACTURING OF MINERAL
FERTILIZERS**

Yanovich Vitaliy

Vinnytsia National Agrarian University of Ukraine, Vinnytsia

Ensuring the Ukrainian market of high-quality organic and mineral fertilizers is a topical issue. At the present time, due to the decrease in the number of cattle, there is a limited use of livestock wastes. Instead, the use of a large number of chemicals leads to a low content of mineral and organic components in the soil, and as a consequence its fertilising ability, on which depends the quantity of cultivated products and its quality, respectively, the health and quality of life of the population of our country.

Growing consumer demands for food, their value and suitability for consumption stimulate the need for the production of quality and useful agricultural products, the production of which is impossible without the introduction of innovative plant cultivation technologies.

One of such promising areas of production of environmentally friendly products is the use of natural biologically active ilumosfat in the form of glauconite mixture.

This product is realized as a result of high-intensity grinding of glauconite, which leads to a sharp increase in the surface of the processing material and allows significantly accelerate the chemical and molecular interaction of the raw material with the contacting environment, and as a consequence, at times, increase its mass exchangetransfer properties. On the basis of the analysis of technological aspects of the use of glauconite and

constructive schemes of existing machines for the process of milling of bulk masses, the main directions of research are determined, the essence of which is the development of a fundamentally new scheme of a vibrating mill that could realize the idea of ultrathin grinding of raw materials provided a significant activation of the surface of the material being processed.

This problem is solved by creating a vibratory mill in which, due to the change in the design of the drive mechanism and the configuration of the grinding chamber, an asynchronous oscillatory motion of the separate sections of the grinding chamber in the mutually perpendicular planes is provided, and as a result an active process of milling of the coarse-grained materials is achieved provided that the specific energy consumption is reduced to its processing.

In fig. the principal scheme of the developed vibration mill for angular oscillations is presented.

The principle of the vibrating mill is as follows. With the activation of vibration excitors 12, 13 a combined power and momentary imbalance are created, which, as a result of the traverse connection 10, 11, causes the oscillatory motion of the toroidal sections 3, 4 relative to the vertical and horizontal plane.

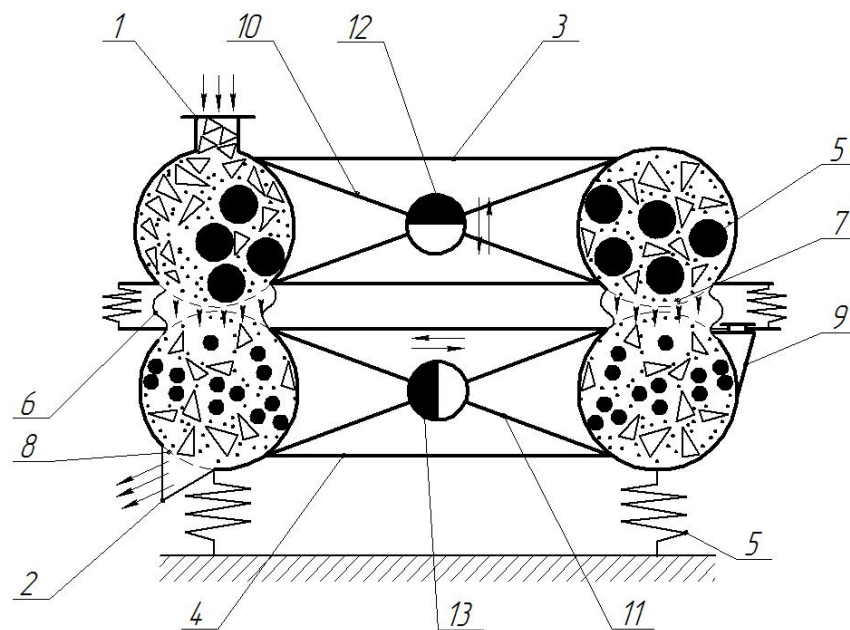


Fig. Principle diagram of the vibration mill of the angular oscillations: 2 – nozzle; 3, 4 – floor chambers; 5 – technological filler in the form of crushing balls; 6 – transitional limiter; 7, 8 – sieve; 9 – section of thin grinding; 10, 11 – traverses; 12, 13 – respectively vertical and horizontal vibration excitors.

The treated material continuously flows through the charging nozzle 1 to the toroidal section 3, which undergoes partial crushing due to the force of the process filler 5, through the sieve 7, and the flexible transition limiter 6 enters the toroid section 4, where it undergoes thin-grinding, and through the sieve 8 and the nozzle 2 is unloaded from the mill.

Such a complex oscillatory motion of the executive organs of the mill in two mutually perpendicular planes allows to provide a gradual grinding of small-pieces materials, increase the power influence of the technological filler, and, as a consequence, to reduce the specific energy costs for the implementation of the specified process.

УДК 631.362

ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ЯКОСТІ ПОСІВУ

Морозов І.В., доктор технічних наук, професор, **Морозов В.І.**, кандидат економічних наук

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків

При посіві зернових та інших культур пред'являються наступні агротехнічні вимоги: дотримання норми висіву, глибини загортання насіння, форми площі живлення, збільшення поперечного розсіювання насіння в рядку. Ступінь використання площі харчування визначається нормою посіву насіння на гектар.

Норми висіву безпосередньо пов'язані з рівномірністю розміщення насіння по площі, максимальний урожай забезпечується оптимальною густотою посіву. Ефективність одиниці площі харчування є функція двох факторів – густоти посіву (кількості рослин на одиницю площі) і енергії кущіння (продуктивності кожної рослини).

Друга вимога агротехніки до посіву зводиться до вертикальної рівномірності висіву, під якою розуміється закладення насіння в орний шар на однакову глибину. Недотримання цієї вимоги, особливо якщо різниця в глибині загортання насіння значна, веде до зниження врожаю через неодноразовість дозрівання рослин, а іноді до їх загибелі.

Вимога забезпечення мінімальної нерівномірності розміщення насіння по глибині складається з двох чинників: перше – забезпечення глибини ходу сошника, друге – забезпечення діапазону розміщення насіння по глибині.

Для забезпечення виконання другої вимоги, яка пов'язана з характеристиками борозенки, утвореною сошником, слід врахувати вимогу забезпечення мінімальних нерівномірностей поздовжнього і поперечного профілю борозни.

До утворення борозни пред'являють ряд вимог, одна з яких полягає в тому, щоб стінки її не обсіпалися, так як погіршується нерівномірність розміщення насіння по глибині. При утворенні борозенки є важливим ущільнення її дна. При ущільненні дна борозни профіль її вирівнюється, і насіння рівномірно розміщуються по глибині по всьому профілю борозенки.

Недотримання вимоги мінімальної нерівномірності по глибині призводить до негативних наслідків. За даними Майсурян, при посіві насіння на різну глибину кількість дозрілих рослин під час прибирання може зменшуватися до 50% від кількості висіяних насінин і призводить до зменшення врожайності.

УДК 631.37

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ АГРЕГАТИРОВАНИЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ШИРОКОКОЛЕЙНЫХ АГРОСРЕДСТВ
ДЛЯ КОЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Надыкто В.Т., доктор технических наук, профессор, член-корреспондент
НААН Украины, **Кувачев В.П.**, кандидат технических наук, доцент
*Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь*

Для обеспечения устойчивого движения какого либо специализированного ширококолейного агросредства для колежной системы земледелия конструкция его навесного устройства должна обеспечивать возможность независимого поворота его остова и сельскохозяйственного орудия в горизонтальной плоскости. В силу чего вопрос обоснования параметров навесного устройства указанных агросредств является актуальным.

Известно, что трехточечная схема настройки заднего навесного механизма традиционного трактора может обеспечивать достаточную взаимную угловую поворотливость его остова и сельскохозяйственного орудия. Учитывая возможность унификации навесных устройств ширококолейных агросредств с традиционными, параметры которых определены Международным стандартом ISO 730:2009, следует установить соответствие размеров и требований для трехточечного навесного устройства, предназначенного для присоединения сельскохозяйственных машин и орудий.

Целью исследований является повышение эффективности функционирования и использования специализированных ширококолейных агросредств (на примере агросредства конструкции ТГАТУ) путем обоснования параметров их навесных устройств.

С целью математического моделирования плоскопараллельного движения ширококолейного агросредства конструкции ТГАТУ были построены его эквивалентная схема (рис. 1) и дифференциальные уравнения его движения. В результате анализа решений последних установлено, что характер отработки динамической системой управляющего и возмущающего воздействий определен соотношением конструктивных параметров d и D (см. рис. 1) агросредства. Указанные

Для обеспечения достаточной угловой подвижности сельскохозяйственного орудия агросредства относительно его остова требуемое расстояние между точками крепления и угол сходимости нижних тяг навесного устройства существенным образом определено расстоянием до его центра масс. С уменьшением последнего требуемое расстояние между точками крепления нижних тяг навесного устройства может быть настолько мало, что соответствует полному их сведению в одну точку. При этом угол сходимости нижних тяг достигает 85 град.

Проведенные исследования навесных устройств высоких категорий 4N и 4 по ISO 730:2009 показали, что с позиции проектирования универсального навесного устройства для специализированных ширококолейных агросредств следует предусмотреть возможность его настройки, как по трехточечной, так и по двухточечной схеме.

УДК 514.18

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОВЗАННЯ ЧАСТИНКИ ПО РУХОМИХ ШОРСТКИХ ПОВЕРХНЯХ

Несвідомін В.М., доктор технічних наук, професор (vnesvidomin@ukr.net)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Необхідність дослідження ковзання окремої частинки по рухомій шорсткій поверхні має місце при аналізі багатьох с.-г. технологічних процесів, зокрема при обґрунтуванні дискових розкидачів мінеральних добрив.

Математичний опис ковзання частинки (як матеріальної точки) по рухомій шорсткій поверхні зводиться до складання системи диференціальних рівнянь 2-го порядку, розв'язками яких є швидкість частинки, її траєкторія, довжина пройденого шляху, час руху тощо. Як послідовність складання систем диференціальних рівнянь, так і способи їх розв'язку, є доволі трудомісткими, оскільки включають в себе багато складових елементів і зводяться до наближених методів одержання результату. Сучасні пакети комп'ютерної математики та їх інструментальні засоби програмування дозволяють автоматизовано здійснити як формування систем диференціальних рівнянь, так і наближено відшукати їх розв'язки за наперед заданою похибкою.

Розробка імітаційних моделей дослідження ковзання частинки по рухомій поверхні потребує вирішення низки питань теоретичного та практичного характеру. Насамперед, це: 1) розробка інваріантного алгоритму автоматичного складання системи диференціальних рівнянь ковзання частинки по будь-якій шорсткій поверхні, яка здійснює задані переміщення в просторі; 2) визначення наближених способів розв'язку

систем диференціальних рівнянь і їх реалізація в системах символьного обчислення; 3) проведення необхідних обчислювальних експериментів для комплексу вихідних умов; 4) унаочнення результатів досліджень у вигляді графічних зображень, імітаційної візуалізації; 5) аналізу одержаних результатів для пошуку раціональних конструкційних та кінематичних параметрів робочих органів с.-г. машин.

УДК 514.18

ІНВЕРСІЯ ТОРА, ВІДНЕСЕНОГО ДО ІЗОМЕТРИЧНОЇ СІТКИ КООРДИНАТНИХ ЛІНІЙ

Несвідоміна О.В., Пилипака С.Ф., доктор технічних наук, професор
(s.pylypaka@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Ізометрична сітка координатних ліній на поверхні розбиває її на нескінченно малі квадрати. При прирості незалежних змінних поверхні на однакову скінченну величину чарунку сітки можна назвати квадратом тільки умовно, оскільки ортогональність кутів чарунки виконується, а рівність сторін – ні. Однак ізометрична сітка на поверхні відрізняється від звичайної ортогональної сітки. Цю відмінність видно при візуалізації поверхонь: хоча окрема чарунка не є квадратом, однак вона максимально до нього подібна. При всіх прямих кутах чарунки ізометричної сітки довжина її сторін є найкращим наближенням до однакового сталого значення. Таку сітку можна отримати тільки на обмеженому числі поверхонь. До таких поверхонь відносяться поверхні обертання, серед яких тор має свої особливості.

В праці [1] розглянуто інверсію циліндра. Він віднесений до ізометричних координат, тому після перетворення одержані поверхні (цикліди Дюпена) теж віднесені до ізометричної сітки координатних ліній. В праці [2] аналогічно здійснено інверсію конуса. При перетворенні циліндра і конуса вид отриманої цикліди залежить від розташування полюса інверсії по відношенню до осі поверхні обертання, яку перетворюють.

В роботі [1] отримано різні цикліди в залежності від вибору полюса інверсії по відношенню до осі циліндра. При цьому можливі три випадки: 1) величина зміщення a від осі циліндра дорівнює нулю (рис. 1,а); 2) величина зміщення a від осі циліндра менша його радіуса R (рис. 1,б); 3) величина зміщення a від осі циліндра більша його радіуса R (рис. 1,в). У випадку, коли $a=R$ поверхню побудувати не вдається, оскільки через полюс інверсії проходять дві взаємно перпендикулярних координатних

лінії (пряма і коло), які після перетворення мають стати взаємно перпендикулярними прямими, віддаленими в нескінченність.

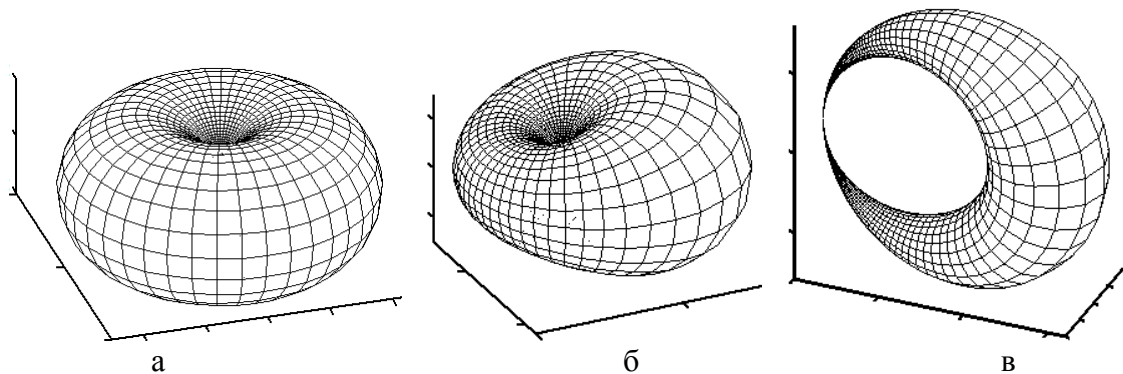


Рис. 1. Цикліди, отримані інверсією циліндра радіуса R : а) величина зміщення полюса інверсії $a=0$; б) величина зміщення полюса інверсії $a<R$; в) величина зміщення полюса інверсії $a>R$.

При $a=R$ отриманою циклідою є тор, у якого найменша паралель (коло) стягується в точку (рис.1,а). При інверсії цього тора отримаємо циліндр. Виникає питання: які поверхні можна отримати при інверсії тора, відмінного від наведеного на рис. 1,а? Для перетворення було взято тор, у якого радіус твірного кола r більший від радіуса напрямного кола R , тобто всередині тора утворюється веретеноподібна поверхня (на рис. 2,а виділена сірим кольором). При інверсії тора, з якого виключено внутрішню частину поверхні, отримуємо веретеноподібну поверхню (рис. 2,б).

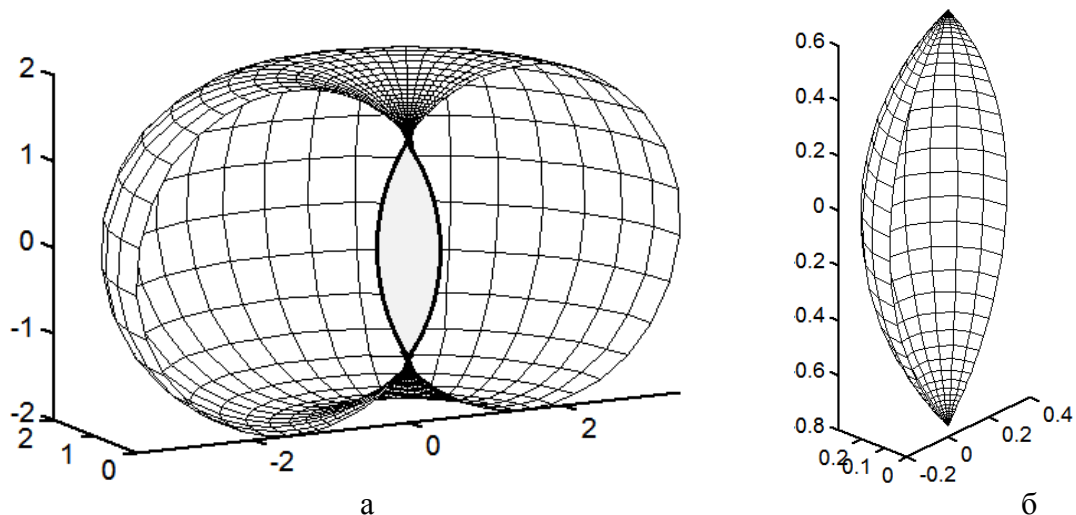


Рис. 2. До перетворення інверсією зовнішньої частини поверхні тора: а) вихідна поверхня; б) перетворена поверхня.

Отже, при інверсії тора для випадку, коли $r > R$ зовнішня поверхня перетворюється у внутрішню. При $r < R$ (коли тором є поверхня у класичному розумінні цього слова із внутрішнім отвором) такий тор

перетворюється сам у себе. При $r = R$ (цей тор зображено на рис. 1,а) тор перетворюється у циліндр.

Поверхню (рис. 2,б) можна трансформувати, якщо полюс інверсії зміщувати відносно осі поверхні тора (рис. 2,б) на певну величину a . На рис. 3 побудовано поверхні при різних значеннях сталої a .

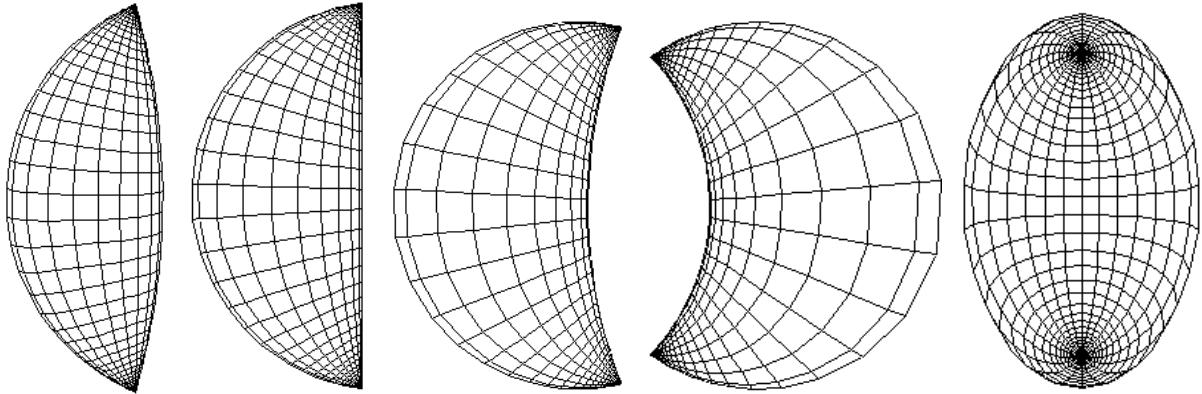


Рис. 3. Проекції трансформованої веретеноподібної поверхні, зображеної на рис. 2,б.

Перелік посилань

1. Пилипака С.Ф., Несвідоміна О.В. Перетворення циліндра в цикліду Дюпена із збереженням ізометричних координат. Збірник тез доповідей XVII Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн». Київ. НУБіП. 2017. С. 19–21.

2. Пилипака С.Ф., Грищенко І.Ю., Несвідоміна О.В. Перетворення конуса в цикліду Дюпена із збереженням ізометричних координат. Сучасні проблеми моделювання. Мелітополь. МДПУ. 2017. Вип. 9. С. 109–113.

УДК 631.331.85

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ВИСІВНІ КОМПЛЕКСИ

Полик П.С., кандидат технічних наук (psporyk@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Найважливішим завданням рослинництва є збільшення виробництва зерна при зниженні всіх видів витрат. Його вирішення найбільш ефективне за рахунок докорінної модернізації технологій посіву, які сприятимуть не тільки зниженню витрат енергетичних ресурсів, а й підвищенню врожайності сільськогосподарських культур.

Незважаючи на досягнутий високий рівень механізації посіву технічних та інших культур, поки ще немає абсолютного виконання агротехнічних вимог при здійсненні цієї операції. Свідченням цього є

відносно низькі середні врожаї технічних культур у виробничих умовах в порівнянні з потенціалом продуктивності сучасних сортів основних технічних культур. Тому одним з основних способів підвищення врожайності є найбільш повна реалізація потенціалу продуктивності районованих сортів з підвищенням якості висіву.

Сівалки типу СУПН-8, що і досі застосовуються в сільськогосподарському виробництві значно застаріли.

Багатьма видатними вченими Л. В. Погорілим, В.О. Белодедовим, С.І. Шматом, П. В. Сисоліним, М.О. Свіренем та іншими відзначено, що недосконалість посівних машин призводить до зниження врожайності технічних культур на 15-30%. Тому, головним завданням технічного прогресу є не модернізація і вдосконалення вже існуючих сівалок типу СУПН-8, а створення сівалок нового покоління [1].

Серед запропонованих раніше висівних систем найбільшої уваги заслуговують пневмомеханічні централізовані висівні комплекси (ПЦВК). Їх використання забезпечує підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів на посіві та істотно знижує матеріаломісткість створюваних сівалок.

Розроблені ПЦВК мають різні схеми і конструкції дозуючих апаратів, а відповідно і різні техніко-економічні та агротехнічні показники, що не завжди задовольняють сучасним агровиимогам [2].

Актуальним науково-практичним завданням є вирішення проблеми підвищення якості висіву шляхом розробки пневмомеханічної системи групового дозування насіння принципово новим дозатором.

Для оцінки ефективності роботи висівних апаратів сівалок точного висіву доцільно використовувати комплексний показник ймовірності точності висіву [3]. Точність висіву може характеризуватися добутком трьох ймовірностей:

$$\xi_m = (1 - \xi_{np}) \cdot (1 - \xi_{dv}) \cdot \xi_{\{\eta \leq \pm h\}}$$

де ξ_{np} – ймовірність появи пропусків, ξ_{dv} – ймовірність появи двійників, $\xi_{\{\eta \leq \pm h\}}$ – ймовірність відхилення положення насінин.

Впровадження в конструкцію висівної системи комплексу дозатора направленої дії забезпечить створенню посівних машин нового покоління з підвищеними якісними і ресурсозберігаючими показниками.

Перелік посилань

1. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. Київ. 2003. 206 с.
2. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: навч. посібник. Кіровоград. ІСДО. 1994. 148 с.

3. Басин В.С., Брей В.В., Погорелый Л.В. Машины для точного посева пропашных культур: конструирование и расчет. Киев. Техника. 1987. 151 с.

УДК 669.620.18

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МОЛОТКІВ КОРМОДРОБАРОК

Похиленко Г.М. (pokhilenko@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Вихід із ладу молотків кормодробарок в умовах експлуатації обумовлений зношуванням їх робочої поверхні або руйнуванням внаслідок попадання в дробарку з фуражним зерном металевих та інших твердих предметів.

Високі вимоги до експлуатаційних характеристик молотків кормодробарок, які працюють в умовах ударно-абразивного зношування, обумовлюють необхідність використання матеріалів, що володіють високими значеннями міцності, твердості, ударної в'язкості.

Відомо, що основним конструкційним матеріалом молотків є вуглецеві і низьколеговані сталі типу 50, 60, 35ХГС, 45Г2С, 65ГС тощо. При цьому ряд фірм виготовляють молотки товщиною до 10 мм (Італія) або 12 мм (Польща), що забезпечує збільшення ресурсу їх роботи за рахунок більшої металоємкості.

Для підвищення надійності і довговічності деталей, які працюють в умовах складних навантажень, є доцільним мікролегування сталей бором, ванадієм, цирконієм, які сприяють підвищенню прогартовуваності, твердості, подрібненню структури сталі (бор); міцності, в'язкості, опору втомлюваності і зносостійкості (ванадій), зменшенню зерна, а також дозволяє отримати сталь із заздалегідь заданою зернистістю (цирконій). Виходячи з цих позицій на основі відомої 30ХГС розроблена комплекснолегована сталь. Хімічний склад якої наведений в табл. 1.

Таблиця 1. Хімічний склад дослідних сталей.

Сталь, Номер плавки	C	Mn	Si	Cr	V	Zr	B
відома 30ХГСА	0,28-0,34	0,8-1,1	0,9-1,2	0,8-1,1	-	-	-
1	0,28-0,30	1,1-1,3	0,9-1,1	0,8-1,0	0,11	-	0,006
2	0,30-0,32	1,1-1,2	0,8-1,1	1,1-1,2	0,9	0,04	0,004
3	0,27-0,30	0,8-1,2	0,8-1,1	0,9-1,0	-	0,04	0,004

Плавки дослідних сталей проводили в індукційній електричній печі ІТ-30, яка має 30 кілограмовий тігель. Зливки сталі піддавали обробці тиском на ковальсько-пресовому молоті. Температура початку вільного кування становила 1150°C, кінця – 850°C. Термічна обробка зразків включала нормалізацію, гартування та відпуск.

Встановлено, що мікродобавки ванадію створюють відпускну крихкість II роду при температурі 400 °C, внаслідок чого ударна в'язкість зменшується в 2,5 рази. В зв'язку з цим рекомендовано виконувати відпуск сталі при температурах до 300 °C і після 500 °C. Мікролегування сталі 30ХГС комплексами елементів В-V-Zr, В-V, В-Zr забезпечує підвищення межі міцності 10-15%. Сумісне легування бором, цирконієм і ванадієм значно забезпечує підвищення досліджуваних механічних властивостей.

Новизна результатів доцільності легування сталі 30ХГС комплексами елементів бор-ванадій-цирконій підтверджується патентом на винахід [1].

Пропонується застосовувати отримані сталі для виготовлення молотків кормодробарок, пальців і осей ланцюгів транспортерів, валів тощо, які використовуються в сільськогосподарському машинобудуванні.

Перелік посилань

1. Патент 76664 Україна, МПК (2006) С22С 38/24, С22С 38/32, С22С 38/38. Сталь / А.С. Опальчук, О.В. Зазимко, Г.М. Похиленко, О.О. Котречко; заявник та власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. №а200503508; заявл. 14.06.2005; опубл. 15.08.2006, Бюл. № 8.

УДК 631.173.2

ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА

Войтюк В.Д., доктор технічних наук, професор (vdv-tsim@ukr.net)
*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Забезпечення продовольчої безпеки України багато в чому залежить від якісного і вчасного проведення робіт по вирощуванню, збиранню, транспортуванню і переробці продукції рослинництва. Необхідно зазначити, що забезпеченість сільськогосподарських господарств технікою не перевищує 50% від технологічної потреби. При цьому наявний парк техніки має наступні показники: 78% тракторів і 72% зернозбиральних комбайнів морально застаріли, знаходяться за межею амортизаційного і економічно доцільного терміну експлуатації; третина сільськогосподарської техніки не використовується; навантаження на один трактор складає 184 га, на один зернозбиральний комбайн – понад 350 га,

що в разі перевищує показники країн Європи; щорічна закупка нової техніки проводиться на рівні 3-5% від наявної при необхідності 8-12%.

Приведені данні вказують на те, що відсутність достатньої кількості техніки призводить до виконання технологій вирощування в неповному обсязі при недотримання агротермінів і, як наслідок, зменшення врожайності. Крім того, відсутність достатньої зернозбиральної техніки призводить щорічно до втрати 6 млн т біологічного врожаю зернових (приблизно 1,2 млрд доларів).

Вирішити вказану проблему можна виконанням наступних задач.

1. За рахунок раціонального використання наявної техніки у господарствах: визначення раціонального складу машинно-тракторного парку в залежності від сільськогосподарської культури, площі ріллі конкретних господарств, природно-кліматичних умов, прогнозованої врожайності, коефіцієнта технічної готовності техніки, необхідної якості проведення операцій; природоохоронних заходів; відповідності вимогам безпеки праці. Необхідно визначити оптимальні режими машинно-тракторних агрегатів з метою зменшення термінів проведення операцій і зменшення втрат палива на 1 т продукції, 1 га площі.

2. Проведення оптимізації системи ТОР в позагарантійний період. Враховуючи, що затрати на підтримання техніки в роботоздатному стані перевищують її вартість в 2–3 рази (вартість одного рядового ТО сучасного трактора складає 40–60 тис. грн.), необхідно переходити від планово-запобіжної системи ТО до системи ТО за результатами діагностування з метою повного використання ресурсу робочих рідин, фільтрів тощо та вчасного виявлення і попередження можливих відмов, а також виведення ТО за межі терміну проведення польових робіт.

3. Необхідно провести оптимізацію логістики механізованих сільськогосподарських робіт, перевезення посівного матеріалів, засобів догляду за посівами та паливно-мастильних матеріалів, забезпечення якісними запасними частинами.

Вирішення поставлених задач дасть можливість збільшити валовий врожай зернових без збільшення площ ріллі, зменшити собівартість і підвищити якість продукції рослинництва.

УДК 631.3:636

НЕДОЛІКИ ТЕХНОЛОГІЇ ШВИДКІСНОЇ СТРИЖКИ ОВЕЦЬ

Ребенко В.І., кандидат технічних наук, доцент (rebenko@nubip.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Стриження овець – сфера вівчарської галузі, де за останні 200 років був зроблений лише один значний крок вперед, який полягав у винаході

механічної машинки для стрижки. Незважаючи на значні зусилля у цьому напрямі і вкладення значних коштів у наукові дослідження у цій області, поки що великих результатів не одержано.

З 1970 року Австралійська корпорація вовни піднімає питання про відчутну нестачу стригалів, про складність цієї роботи, що відповідно приводить до вишукувань інших способів зняття руна з вівці. Крім того, Австралійська корпорація вовни від 1975 року фінансує п'ять основних напрямів науково-технічних досліджень, головною метою яких є зниження вартості стриження овець. Ці напрями такі: механізація процесу стриження у традиційних стригальних пунктах, удосконалення механізмів стриження, хімічне стриження, біологічне збирання "врожаю" вовни і роботизоване стриження.

Сучасні методи стриження, дуже популярні у вівчарстві, розроблені для полегшення самого процесу і поліпшення якості зістриженого руна, це – перша мета. Друга мета полягала у досягненні відсутності в зістриженому руні шматочків шкіри та перестриги.

З виробничої точки зору найбільш серйозними недоліками руна є наявність шматочків шкіри внаслідок порізів. Ці шматочки часто спричиняють обламвання тонких голок у прядильних машинах, а в готовому матеріалі з'являються поверхневі вади.

З точки зору вівчарів, найбільш серйозними недоліками є велика кількість порізів у овець, наявність ділянок, повторно вистрижених або залишених непідстриженими, які надають вівцям кошлатого вигляду.

З точки зору класирувальника, найбільш серйозними недоліками є забруднені або заплутані краї руна, які вдвічі важче збирати і класти на стіл для класування вовни. Для цього добру рунну вовну необхідно зняти і покласти разом з вовною нижчої якості в лініях збору, яка, звичайно, менш цінна.

З точки зору стригалів зазначається, що стриження овець є одним з найважчих видів роботи. Воно потребує від стригалів не лише великої фізичної сили, а й спритності, вміння і доброї злагожденості всіх його рухів. Стригаль має бути витривалим, терплячим і з добрим серцем, оскільки часто стриження відбувається у приміщенні, де дуже спекотно. Біль у спині від зігнутого положення, нагромаджений навкруги бруд – все це може спричинити дратівливість людини. Однак добрий стригаль завжди буде досить терплячим.

Жоден прийом чи спосіб стриження не буде відзначатися перевагами, якщо він не забезпечує мінімум зусиль. Стригаль повинен обробляти вівцю легко, надмірне фізичне зусилля при стриженні будь-якої ділянки шкіри буде непродуктивно стомлювати стригалів. Різке перевтомлення організму знижує продуктивність праці, призводить до порушення точності трудових прийомів, наслідком чого є підвищений відсоток перестриги вовни, а також масові порізи острижених овець. Крім того, досвід показує, що лише незначна частина стригалів виходить на пенсію без ускладнень внаслідок професійних захворювань даного виду.

В останні роки гострою проблемою у стриженні овець, у тому числі і швидкісним методом, виявилася нестача у постачанні електростригальної техніки та її низька якість. Існує велика необхідність організації в Україні випуску вітчизняної електростригальної техніки, у першу чергу ріжучих пар та проведення наукових експериментів щодо підвищення її якості, зоотехнічної оцінки виконання технологічних операцій стриження овець.

УДК 621.81:621.793:667.637.62

**ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА РОЗВИТОК
СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

Денисенко М.І., кандидат технічних наук, доцент

Войтюк В.Д., доктор технічних наук, професор (vdv-tsim@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Інженерія поверхні (surface engineering) відноситься до одного з нових напрямків в науці і технології, що включає традиційні та інноваційні процеси модифікування поверхонь тертя деталей машин, створюючи на них композиційний матеріал з властивостями, які відрізняються від властивостей основного матеріалу. Комплексне використання досягнень багатьох фундаментальних наук забезпечує створення і практичне використання як в основному, так і в ремонтному виробництвах нових високоефективних ресурсозберігаючих технологій управління функціональними властивостями деталей машин за рахунок спрямованого створення поверхневих шарів та керування їх властивостями.

Основними показниками якості машин є надійність і ККД (коефіцієнт корисної дії), котрі переважно визначаються властивостями поверхневих шарів деталей і з'єднань (межею міцності, корозійною стійкістю, зносостійкістю, коефіцієнтом тертя, контактною жорсткістю, міцністю посадок та ін.).

Кожна зупинка машин від зношування окремих елементів або зниження технічних характеристик нижче допустимого рівня, як правило, призводить до великих матеріальних збитків, а в окремих випадках до катастрофічних наслідків. Досягнення високої якості і експлуатаційної надійності машин, а також їх більш низької вартості, є умова забезпечення високого і сталого рівня ринкової конкурентоздатності, можливо лише на основі наукоємних технологій та інноваційних рішень.

Одним з таких комплексних напрямків є інженерія поверхні деталей машин, що охоплює комплекс наукових дисциплін, котрі можуть бути поділені на наступні основні групи:

1. Технології поверхневої обробки поверхні тертя.

2. Технології нанесення зносостійких покриттів і модифікування поверхневих шарів.

3. Фізико-хімічні процеси взаємодії поверхонь з зовнішнім середовищем і конструювання поверхневих шарів та керування їх властивостями.

Існує надзвичайно висока потреба в методах інженерії поверхні для захисту від корозії і підвищення зносостійкості, покращення якості машин, тривалої експлуатації машинно-тракторного парку, при високих температурах та інших екстремальних умовах, мінімізації засмічення зовнішнього середовища та вирішення багатьох інших проблем.

Як відомо, причина низького ресурсу деталей та інших конструктивних елементів машин, це переважно – зношування і корозійні пошкодження їх поверхневих шарів. Трибологічні явища проявляються практично у всіх галузях промисловості та в аграрному секторі. Для зниження тертя за рік у світі витрачається більше 120 млн. тон мастильних матеріалів. Відпрацьовані мастильні матеріали повинні підлягати переробці або утилізації, тому що вони представляють велику небезпеку для зовнішнього середовища.

Відносні розміри зносу (наприклад, відношення втрати маси машини або виробу до її початкової маси) надто малі, але знос призводить до виходу з ладу всієї машини або виробу в цілому. Втрати внаслідок тертя і зношування у машинобудуванні розвинутих держав досягають 4...6% національного доходу. Опір тертю поглинає у всьому світі 30...40% виробленої енергії.

Енергія при терті не просто втрачається, а перетворюється у теплоту, яка нагріває деталі і вузли машин. Їх надмірне нагрівання у багатьох випадках призводить до відмов і аварійних зупинок. Спеціальні дослідження показали, що прямі збитки від зношування, тільки в Німеччині складають десятки мільярдів доларів на рік.

Технологічні методи інженерії поверхні пройшли тривалий шлях розвитку, але тільки порівняно недавно почали виділятися у багатоцільовий науково-технічний напрямок, що об'єднує різноманітні за своєю фізико-хімічною основою технології. Інженерія поверхні має багатоцільове призначення та набуває характер масового промислового використання. Це вимагає корінного змінення мислення, освіти, конструювання та поєднаних з нею організаційно-економічних питань.

Інженерія поверхні відноситься до різних розділів сучасного матеріалознавства та базується на наукових і технологічних засадах отримання поверхневих шарів з необхідними властивостями безпосередньо у основному матеріалі, а також нанесення на нього різними методами міцно з ним зв'язаних шарів іншого матеріалу.

При цьому в інженерію поверхні входять як традиційно розповсюджені методи модифікування поверхні, наприклад, деформаційне

зміцнення, так і сучасні високоефективні, такі, як детонаційне напилювання, обробка потоками електронів, плазмова обробка в іонних пучках, лазерне зміцнення, електроіскрове легування та інші методи.

Не дивлячись на такий широкий спектр розроблених технологій зміцнення, відновлення і захисту поверхонь деталей машин, ще більш суттєві способи модифікування треба очікувати від нанотехнологій з отриманням наноструктури у поверхневому шарі. Особливий інтерес представляє іонно-променева імплантація та створення на основі цього процесу нанотехнологій.

По-перше, сам процес впливу на поверхню тертя здійснюється наночастинками – іонами, атомами, електронами. Процес з високою точністю контролюється таким чином, що можливо «введення» заданої кількості хімічного елементу у поверхню деталі. По-друге, шари зі зміненим хімічним складом створюються у широких межах і складають товщини, що вимірюються нанометрами.

Інженерія поверхні набуває ще більш важливого значення, як ефективний засіб досягнення економії матеріалів і енергії поряд з покращенням техніко-економічних характеристик машин, створенням принципово нових виробів і продуктів.

УДК 631.354.2

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ СТАЛОМУ І НЕСТАЛОМУ РЕЖИМАХ РОБОТИ

Надточій О.В., кандидат технічних наук, доцент, **Тітова Л.Л.**, кандидат
технічних наук (ludmylkatitova@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Відомо, що щорічні втрати зерна від несвоєчасного збирання для господарств України за різними оцінками, сягають більше 10% зібраного урожаю [2]. Це при сучасних урожайностях складає майже 7 млн тон. Зниження втрат зерна напряду залежить від високого рівня матеріально-технічного забезпечення та правильної організації роботи служби сервісу.

Українські фермери на сьогодні практично не мають ремонтно-обслуговуючої бази. Так, за даними НААН оснащеність ремонтно-технологічним обладнанням селянських (фермерських) господарств складає всього лише 15...25%. Машинозабезпеченість селянських господарств іноді перевищує відповідні нормативи для великих господарств в середньому 3,2 рази. Проте, незважаючи на це, в них виконується не більше 30% польових механізованих робіт в оптимальні агротехнічні терміни.

Найбільш ефективно відмови та відновлення працездатності ЗК під час проведення збиральних робіт можна описати теорії масового обслуговування [1]. При цьому процеси, які протікають в системі можна мають вигляд (рис. 1).

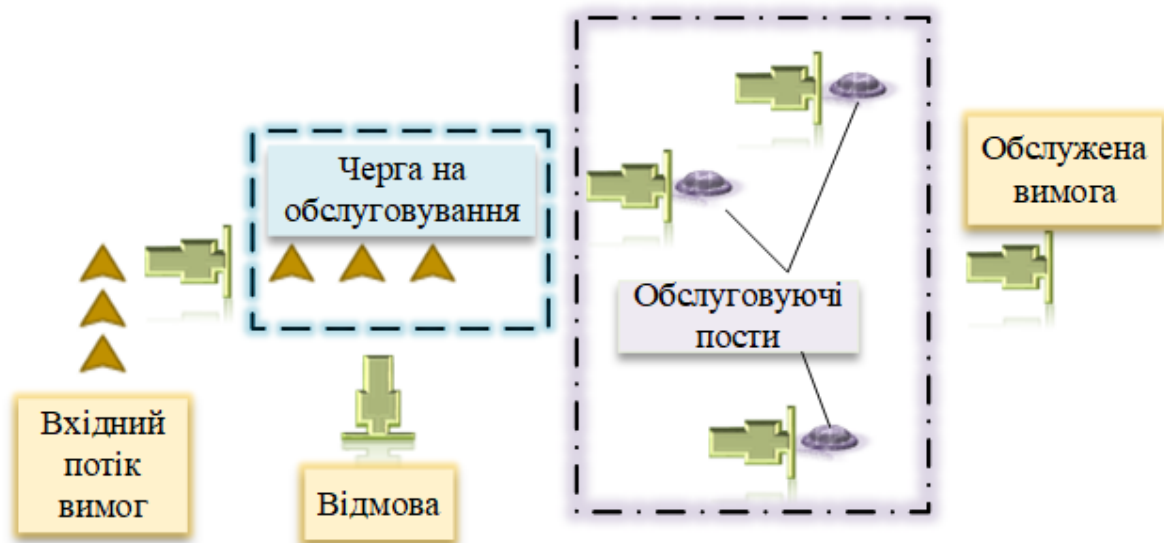


Рис. 1. Система масового обслуговування (СМО).

У системах масового обслуговування потік вимог є випадковим. Випадково і час обслуговування. Робота СМО протікає нерегулярно; то утвориться черга на обслуговування, то відбувається простоювання постів обслуговування. Завданням теорії масового обслуговування – встановити оптимальну (з мінімальними простоями) залежність між характером потоку вимог, числом постів та їх продуктивністю (часом обслуговування), правилами роботи системи обслуговування.

Однак найбільш доцільно використовувати економічні показники оцінки ефективності функціонування систем масового обслуговування, які дають узагальнену характеристику виробничого процесу. У цьому випадку в якості критерію ефективності функціонування СМО вибираються загальні грошові витрати, пов'язані з простоями комбайнів в очікуванні обслуговування, і витрати на створення та експлуатацію постів (обслуговуючих ланок) [4, 6].

Для складання вищезгаданої системи рівнянь, що описує функціонування СМО з Пуассоновським потоком, існує мнемонічне правило:

- похідна $\frac{dP(t)}{dt}$ ймовірності перебування системи в стані n дорівнює алгебраїчній сумі кількох членів;
- число членів цієї суми дорівнює кількості стрілок на графі станів системи, що з'єднують стан n з іншими;
- якщо стрілка направлена $\rightarrow$ в аналізований стан n , то член береться зі знаком «плюс»;

- якщо стрілка направлена $\leftarrow$ з розглянутого стану n , то член береться зі знаком «мінус»;
- кожен член суми дорівнює добутку ймовірності того стану, з якого спрямована стрілка, на інтенсивність потоку подій, що переводить систему по даній стрілці.

Таблиця 1. Характеристики СМО і основні залежності.

Середня довжина черги	$L_1 = \sum_{k=n}^m (k - n) P^k$
Середнє число вимог, які обслуговуються	$L_2 = \sum_{k=1}^m k P_k$
Середнє число вільних від обслуговування каналів	$L_3 = \sum_{k=0}^{n-1} (n - k) P_k$
Коефіцієнт використання замовлень	$K_2 = 1 - \frac{L_2}{m}$
Час очікування в черзі	$MQ = \frac{1 - K_2}{\lambda K_2} - \frac{1}{\mu}$
Повні середні втрати від простою вимог у черзі і не завантаженості каналів	$\varphi(n) = C_1 \cdot L_1 + C_2 \cdot L_3$

Висновки. 1. Кількість агрегатів технічного обслуговування в господарстві визначається, річним навантаженням на один комбайн та числом комбайнів в ланці збирально-транспортного комплексу. 2. Використання в розрахунках моделі СМО з несталим режимом роботи на будь якому інтервалі часу зміни дасть змогу точніше планувати витрати на технічний сервіс збиральних загонів.

Перелік посилань

1. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Використання системи масового обслуговування для оптимізації затрат на обслуговування комбайнів. Науковий вісник НУБіП України. Серія: техніка та енергетика. Київ. 2016. Вип. 251. С. 148–160.

2. Надточій О.В., Войтюк Д.Г., Демко А.А. Моніторинг комбайнового ринку України. Науковий вісник НУБіП України. Київ. 2010. Вип. 144, ч. 2. С. 322–328.

3. Тітова Л.Л., Роговський І.Л. Аналіз періодичності техобслуговування машин для лісотехнічних робіт. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212, ч. 1. С. 322–328.

4. Тітова Л.Л., Роговський І.Л., Надточій О.В. Імітаційність місцеперебування засобу відновлення працездатності машин для

лісотехнічних робіт. Сільськогосподарські машини. Луцьк. 2015. Вип. 33. С. 140–149.

5. Надточій О.В., Тітова Л.Л., Роговський І.Л. Модель розпізнавання образів параметрів технічного стану машин для лісотехнічних робіт. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. 2016. Вип. 4. С. 8–13.

6. Тітова Л.Л., Роговський І.Л. Совершенствование системы восстановления работо-способности машин для лесотехнических работ. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2015. Том 17. №3. Р. 253–264.

УДК 621.436:534.833.004

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ШИРИНИ ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

Тітова Л.Л., кандидат технічних наук, **Надточій О.В.**, кандидат технічних наук, доцент (ludmylkatitova@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Ринок на сьогоднішній день зернозбиральної техніки є досить широким [1, 2]. І якщо з вибором комбайну ще якось можна розібратися, то питання підбору жатки іноді вирішується лише інтуїтивно. Кожен виробник (чи продавець) сільськогосподарської техніки запропонує певну жатку, але чи буде вона найкращою саме для конкретного господарства так і лишиться на совісті продавця. А працювати з нею саме господарю. І щось виправити після придбання буде уже складно. Тому питання вибору оптимальної ширини жатки, як і питання вибору зернозбирального комбайна, є не менш актуальним.

Характерним показником для ефективності збирання зернових, можна прийняти критерій втрати ефективності. Цей критерій є сумою явних (комбайнові затрати на збиранні) та неявних (технологічні втрати зерна). Ці технологічні втрати зерна можна поділити на:

- безпосередні втрати за жаткою;
- втрати пов'язані з недомолотом та дробленням зерна;
- втрати за рахунок перевищення термінів жнив.

Для визначення робочої швидкості руху ЗК при різній ширині захвату жатки використовували дві аналітичні залежності [1]:

$$V_p = \frac{3.6 \cdot (N_{e_n} \cdot \xi - N_{nep})}{\frac{B_p \cdot U(1 + \delta_c)(N_{пм} + N_{пп})}{10} + \frac{g \cdot G_k \cdot (f + i)}{\eta_{TP}}}, \quad (1)$$

$$V_p^{\max} = \frac{360 \cdot q_\phi}{B_p \cdot U} \quad (2)$$

де Ne_n – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт; B_p – ширина захвату жатки, м; U – урожайність зерна, т/га; ξ – коефіцієнт завантаження двигуна, який можна розглядати як ККД клинопасової передачі від двигуна до барабана; $N_{\text{ПМ}}$ – питома потужність на обмолот 1 кг хлібної маси за одну секунду (9.1 кВт. с/кВт); $N_{\text{ПП}}$ – питома потужність на подрібнення 1 кг соломистої маси за 1 с. (2.1 кВт.с/кВт); f – коефіцієнт перекочування (0.12); $\eta_{\text{ТР}}$ – к.к.д. трансмісії (0.88); δ_c – соломистість (1,5); G_K – маса комбайна і маси зерна в бункері.

Формула (1) обмежує швидкість руху потужністю двигуна комбайна Ne_n , а формула (2) фактичною пропускною здатністю молотарки q_ϕ . При розрахунках приймалася за робочу швидкість менша з розрахованих за залежностей (1) і (2).



Рис. 1. Блок-схема розрахунку продуктивності ЗК по зерну.

Перша блок-схема (ліва) базується на отриманні продуктивності враховуючи пропускну здатність молотарки, соломистість та урожайність. Залежність за якою визначають показник продуктивності матиме вигляд:

$$W_{\text{зод}} = \frac{3.6 q_n}{U(1 + \delta_c)} \quad (3)$$

Друга частина блок-схеми (права) розрахунку також показує схему визначення продуктивності ЗК, але уже зі сторони техніко-експлуатаційних можливостей комбайна. Ця залежність враховує ширину захвату, урожайність, кінематику руху ЗК, тощо:

$$W_r = \frac{0.36 \cdot B_p (Ne_n \cdot \xi - 2 \cdot q_n)}{B_p \cdot U(1 + \delta_c)(N_{\text{ПМ}} + N_{\text{ПП}}) + \frac{g \cdot f \cdot G_T \cdot t}{\eta_{\text{ТР}}}} \quad (4)$$

При цьому для подальшого розрахунку вибиралася та продуктивність, з двох, яка менша. Витрата палива та інші показники вважалися незмінними.

Висновки. Розроблена модель вибору оптимальної ширини захвату жатки зернозбирального комбайна дозволяє однозначно підібрати, для

конкретних умов господарства, оптимальну ширину захвату жатки при мінімумі прямих експлуатаційних затрат.

Перелік посилань

1. Надточій О.В., Войтюк Д.Г., Демко А.А. Моніторинг комбайнового ринку України. Науковий вісник НУБіП України. Київ. 2010. Вип. 144, ч. 2. С. 322–328.

2. Надточій О., Тітова Л., Роговський І. Аналіз динаміки комбайнового ринку України. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2016. Вип. 20. С. 254–262.

3. Надточій О.В., Тітова Л.Л. Технічні фактори і їх вплив на значення втрат зерна за молотаркою. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів. 2016. Вип. 10(1). С. 86–91.

УДК 631.436.004

**СТРУКТУРНА СХЕМА АРМ ОПЕРАТОРА-ДІАГНОСТА
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА**

Калініченко Д.Ю., Роговський І.Л., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник (irogovskii@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Розроблена структурна схема АРМ оператора-діагнosta зернозбирального комбайна в укрупненому вигляді складається з трьох частин:

- інструментально-метрологічне і технічне забезпечення;
- програмне забезпечення;
- інформаційно-методичне забезпечення.

Базою даного АРМ є розроблене оригінальне програмне забезпечення (ПЗ), яке ґрунтується на результатах авторського дослідження, що дозволяє оператору-діагносту на етапі перетехобслуговуючого діагностування агрегатів зернозбирального комбайна, що надходять з високим ступенем достовірності віднести конкретний агрегат до конкретного комплексу техобслуговуючих робіт з числа заздалегідь сформованих на даному техсервісному підприємстві.

Розробка оригінального програмного забезпечення (ПЗ) здійснювалася відповідно до алгоритмів [1, 2] під завдання даного дослідження на мові програмування Delphi в однойменному середовищі розробки версії 7.0.

Дане ПЗ є програмної складової автоматизованого робочого місця, при роботі з яким оператор-діагност стає кваліфікованим користувачем.

Для коректної роботи даного ПЗ в таблиці 1 наведені мінімальні системні вимоги.

Таблиця 1. Мінімальні системні вимоги для роботи програми

Назва вимоги	Мінімальне значення
Операційна система	Microsoft Windows XP з пакетом оновлення 2 (SP2) або більш пізня версія
Комп'ютер, процесор, ОЗУ	ПК з процесором 1 ГГц або більш, 512 Мб ОЗУ або більш
Жорсткий диск	10 Мб або більше вільного місця
Роздільна здатність екрану	Мінімум 800x600 пікселів; рекомендовано 1024x768 або більше

В збільшеному вигляді програма виконана у вигляді трьох взаємопов'язаних модулів. Модуль роботи з базами даних є модуль перегляду баз даних, які формуються для вирішення поставлених завдань.

База даних DB1, містить параметри агрегатів, які використовуються в якості вхідних векторів при використанні математичного апарату штучної нейронної мережі системи технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів для розпізнавання дефектів різних вузлів агрегатів.

База даних DB2, формується за результатами роботи алгоритму, блок-схема якого представлена у вигляді прямокутної матриці з розмірністю $m \times n$, де m – число рядків, яка дорівнює кількості контрольованих агрегатів; n – число стовпців, рівне сумарній кількості розпізнаються дефектів по всіх вузлах розглянутого агрегату.

База даних DB3 є результатом роботи алгоритму і містить в собі вихідну інформацію про отримані параметрах і помилки при навчанні.

Перелік посилань

1. Калініченко Д.Ю., Роговський І.Л. Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 337–346.

2. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179–184.

3. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii I. L. Formalization of provisions of maintenance of combine harvesters. Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування. XVIII Міжнародна конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів. м. Київ, Україна, 26–30 березня 2018 року: тези доповіді. Київ. 2018. С. 10–13.

УДК 631.436.004

**ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ
ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ
ВРОЖАЮ ЗЕРНОВИХ**

Воронков О.А., Роговський І.Л., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник (irogovskii@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Для характеристики пристосованості транспортних машин при перевезенні врожаю зернових необхідно мати кількісні показники оцінки цієї властивості [1].

Підвищення адаптації транспортних машин і автомобілів, зокрема, до умов експлуатації при перевезенні врожаю зернових є техніко-технологічним завданням [2]. Її технічна сторона полягає у розробці відповідних конструктивно-технологічних і експлуатаційних заходів, що підвищують пристосованість конструкції автомобіля [3]. Оцінка цієї властивості залежить від результатів впровадження таких заходів і повинна проводитися з технічної точки зору [4]. Технологічна сторона цієї задачі полягає в оцінці технологічної доцільності, як властивості адаптації та її підвищення, а також у розробці відповідних показників [5]. Необхідна також розробка і техніко-технологічних показників зазначеного властивості.

Одним з показників, за допомогою якого можна оцінити властивість адаптивності, є коефіцієнт адаптації K . Серед показників він характеризується, з одного боку, як найбільш простий, а з іншого – як універсальний, так як з його допомогою можна оцінювати адаптивність транспортних машин з точки зору технічної, економічної, техніко-технологічної, а також з будь-якими іншими показниками та факторами умов експлуатації.

Визначається коефіцієнт адаптації зіставленням дійсного значення вихідного показника U до базового U_0 або, навпаки, в залежності від їх функціонального вираження:

$$K=U / U_0. \quad (1)$$

В якості базового значення U_0 може слугувати його максимальне значення U_{max} , номінальна $U_{ном}$, нормативне $U_{нор}$, оптимальне $U_{опт}$ і т. д.

Базове значення параметра U_0 слугує опорним, до якого слід прагнути при підвищенні адаптації транспортних машин до умов експлуатації. По суті даний показник показує наскільки зміняться показники транспортного засобу щодо опорного при експлуатації його в певних умовах.

За своїм призначенням коефіцієнт адаптації підрозділяється на одиничний, комплексний та інтегральний. Коефіцієнт є одиничним, коли

характеризує зміну однієї властивості. Комплексний коефіцієнт – коли змінюється кілька властивостей. Інтегральний коефіцієнт характеризує сумарний корисний ефект, який дає використання транспортної машини і загальні витрати на проектування, виробництво й експлуатацію. В якості інтегрального коефіцієнта адаптації можна, наприклад, використовувати відносну величину зміни питомих приведених витрат, яка однозначно і найбільш повно характеризує ефективність роботи транспортних машин, так як включає всі необхідні витрати на одиницю обсягу перевезень, враховуючи умови експлуатації і властивості транспортних машин через продуктивність. Чисельні значення коефіцієнта коливаються від 1 до 0, характеризуючи повну пристосованість, тобто незмінність вихідного показника відносно базового в певних умовах експлуатації і стан повної непрацездатності транспортної машини при цих умовах.

Коефіцієнт технологічної адаптації може відображати як кількісні, так і якісні зміни процесу перевезень врожаю зернових. Оскільки якість транспортних машин є сукупністю їх властивостей, один і той же транспортний засіб може мати стільки коефіцієнтів пристосованості, скільки властивостей мають своє чисельне значення при зміні того чи іншого експлуатаційного фактору.

Перелік посилань

1. Воронков О. А., Роговський І. Л. Вплив основних параметрів на ефективність транспортних потоків перевезення зернового збіжжя. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 346–358.

2. Voronkov Oleksiy, Rogovskii Ivan. System of registration and control the flight of transportation of grain harvest by vehicles. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 83–92.

3. Voronkov O. A., Rogovskii I. L. Analytical prerequisites to transport and technological systems of transportation of production of crop production. Globalization of scientific and educational space. Innovations of transport. Problems, experience, prospects: International Scientific Conference, 3-12 May 2017: theses. Dresden (Germany) - Paris (France). 2017. С. 47–50.

4. Воронков О. А., Роговський І. Л., Пасторак Зденек. Взаємодія збирально-транспортних машин при перевезеннях оборотними причепами. Автомобільний транспорт та інфраструктура: І Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 26–28 квітня 2018 року: тези конференції. Київ. 2018. С. 85–88.

5. Воронков О. А., Роговський І. Л. Узгодження суміжних транспортних і технологічних операцій перевезення збіжжя продукції рослинництва. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2017. № 3. С. 36–43.

УДК 631.004.01

**ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНОСТІ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ
ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

Роговський І.Л., кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник (irogovskii@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Весь комплекс робіт щодо формування системи технічного сервісу згідно з пропрацьованими діловими моделями ґрунтується на наступних принципах [1–4]:

- максимально використати існуючі потужності ремонтно-обслуговуючої бази агропромислового комплексу шляхом їх реконструкції та переоснащення відповідно до вимог передових технологій виробництва;
- оптимізація розміщення мережі техсервісних підприємств і підрозділів в регіонах України з урахуванням виключення монополізму на надання послуг;
- обов'язкова участь підприємств-виготовлювачів техніки у формуванні мережі техсервісних підприємств і виконанні фірмових технічних послуг;
- надання товаровиробникам всіх галузей агропромислового комплексу умов вибору виконавців технічних послуг шляхом розвитку ринку послуг та забезпечення належного рівня їх конкурентоспроможності;
- розвиток та поглиблення кооперації між підприємствами техсервісу всіх рівнів та підприємствами-виготовлювачами техніки і запасних частин, створення доступного інформаційного середовища;
- вдосконалення організаційних форм, технологій технічного обслуговування і ремонту, впровадження новітніх ресурсощадних технологічних процесів для забезпечення високої якості техсервісу;
- підвищення ефективності технічних послуг, що забезпечують продовження строків служби машин;
- придбання в господарствах техніки, вузлів, агрегатів з використаним ресурсом, поновлення їх за пільговими цінами з гарантією ресурсу;
- забезпечення підрозділів технічного сервісу нормативно-технічною, технологічною документацією ремонтно-технологічним обладнанням, оснащенням, мобільними засобами для технічного обслуговування і усунення несправностей;
- створення екологічно чистих технологій для ремонтно-обслуговуючих виробництв, оздоровлення навколишнього середовища;
- створення, у відповідності із запитом на технічні послуги, пунктів прокату та оренди техніки;

- розгортання сервісно-консультативних та дорадчих служб з питань оптимізації формування машинно-тракторних парків господарств, обґрунтування раціональних форм кооперування у використанні, обслуговування та ремонті техніки;

- реалізація надійного економічного механізму, що діє на договірних засадах і враховує взаємну вигідність та зацікавленість партнерів;

- покращення кредитно-фінансового забезпечення товаровиробників на основі довгострокового пільгового кредитування.

Для визначення доцільності використання тих чи інших варіантів технічного обслуговування і ремонту техніки для конкретних умов господарств, об'єднань, регіонів, видів послуг слід провести оцінку ефективності різних форм технічного сервісу.

Основними показниками економічної ефективності кожного з варіантів технічного сервісу та окремих його елементів слід вважати: коефіцієнт технічної готовності, а відповідно мінімум простоїв з технічних причин; питомі витрати на техсервіс за міжремонтний період для конкретної техніки або за поточний рік для комплексу техніки для вирощування конкретних сільськогосподарських культур або для всіх сільськогосподарських машин господарства.

Питомі витрати на техсервіс за рік експлуатації сільськогосподарських машин, в розрахунку на одиницю наробітку, можна визначити за виразом:

$$Q_{num} = \frac{P_{mo} + P_n + P_k - Z_{mp}}{W_p}, \quad (1)$$

де Q_{num} – питомі витрати на техсервіс, грн./мото-годин. (ум.ет.га.); P_{mo} – вартість технічного обслуговування за рік, грн.; P_n – вартість по поточному ремонту; усунення несправностей за рік, грн.; P_k – вартість капітального ремонту; Z_{mp} – транспортні витрати на техсервіс; W_p – річний обсяг робіт, мото-годин (ум.ет.га).

Зменшення простоїв за рік визначається за виразом:

$$T_{з.п.} = W_m (K_{гн} - K_{рб}), \quad (2)$$

де $T_{з.п.}$ – зменшення простоїв за рік, годин; W_m – річне навантаження машини, годин; $K_{гн}$ – коефіцієнт готовності при новій формі техсервісу; $K_{рб}$ – базовий коефіцієнт готовності (при існуючій формі техсервісу).

Ефект від підвищення коефіцієнту готовності, а відповідно зменшення простоїв з технічних причин визначається за виразом:

$$E_{з.п.} = T_{з.п.} \cdot (C_{np} + C_{ey}) \cdot K_i, \quad (3)$$

де $E_{з.п.}$ – ефект від підвищення коефіцієнту готовності, грн.; $T_{з.п.}$ – зменшення простоїв за рік з технічних причин, годин; C_{np} – годинні

витрати від простоїв техніки, грн./годин; C_{vy} – годинні витрати від недобору урожаю, грн./годин; K_i – коефіцієнт інфляції.

Річна економія від впровадження нових ефективних форм техсервісу:

$$E_{p.m.} = D_p \cdot B_{mз} \cdot (K_{zn} - K_{zб}) - (Z_{zn} - Z_{mб}), \quad (4)$$

де D_p – річний обсяг робіт, маш.-змін; $B_{mз}$ – вартісна оцінка машинно-зміни, грн./маш.-змін; K_{zn} – коефіцієнт готовності при новій формі техсервісу; $K_{zб}$ – базовий коефіцієнт готовності; Z_{zn} , $Z_{mб}$ – вартісна оцінка витрат на техсервіс відповідно при новій і базовій формі техсервісу, грн.

$$B_{zm} = \frac{B + 0,8 \cdot B}{K_{mз} + A}, \quad (5)$$

де B – балансова вартість машини, грн.; 0,8 – нормативний коефіцієнт гарантії за амортизаційний строк, який забезпечує споживачу нормативний економічний ефект від використання машини; $K_{mз}$ – нормативна кількість відпрацьованих машино-змін за рік; A – амортизаційний строк використання машини.

$$Z_z = B_{top} + B_{mp} + E_n \cdot K, \quad (6)$$

де B_{top} – середньорічні витрати на техсервіс на одну машину за порівнюваними варіантами, грн.; B_{mp} – транспортні витрати на техсервіс порівнюваними варіантами, грн.; E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності $E_n = 0,15$; K – питомі капіталовкладення в ремонтну базу за порівнюваними варіантами, грн./маш.

Значна економія коштів при ремонті техніки досягається при провадженні сучасних технологій відновлення деталей замість закупки нових запасних частин. Річний економічний ефекти при цьому визначається за виразом:

$$E_{p.m.} = \left[C_n \cdot \frac{T_{від}}{T_n} - (C_{від} + E_n \cdot K_{n.в.}) \right] \cdot N_{від}, \quad (7)$$

де C_n – ціна нової запасної частини, грн.; T_n , $T_{від}$ – відповідно ресурс нової і відновленої деталі, мото-годин (га); $C_{від}$ – собівартість відновлення деталі, грн.; $K_{n.в.}$ – питомі капіталовкладення на створення ділянки відновлення деталей, грн./дет; N – кількість відновлених деталей в розрахунковому році, шт.

Важливим етапом в виборі тих чи інших форм техсервісу та виборі виконавців технічних послуг є визначення обсягів робіт.

Обсяг робіт для передпродажної підготовки визначається за виразом:

$$W_{nn} = N_n \cdot q_n, \quad (8)$$

де W_{nn} – обсяг робіт для передпродажної підготовки, люд.-годин; N_n – щорічне надходження нових машин, шт; q_n – трудомісткість передпродажної підготовки, люд.-годин/маш.

Обсяги робіт з усунення несправностей і ремонту техніки значно зменшуються при впровадженні прогресивної стратегії технічного обслуговування і ремонту машин за технічним станом з періодичним або безперервним діагностуванням (контролем).

Висновки. 1. Формування мережі техсервісних підприємств на основі викладених теоретичних передумов та методичних положень дозволить зменшити витрати на підтримання техніки в працездатному стані, підвищити її надійність, готовність та ефективність використання. 2. Викладені методичні положення і системний аналіз можуть бути використані і деталізовані при формуванні функцій, задач і мережі регіональних, обласних, фірмових технічних центрів, районних агротехсервісних комплексів і обслуговуючих кооперативів.

Перелік посилань

1. Rogovskii I. L. Analysis of model of recovery of agricultural machines and interpretation of results of numerical experiment. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254. С. 424–431.

2. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399–407.

3. Rogovskii I. L. Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403–411.

4. Роговський І. Л. Загальні теоретичні положення технічного контролю паливної апаратури сільськогосподарських машин за параметрами процесу паливоподачі. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 356–371.

UDK 631.3.004

IT IMPLEMENTATION OF SYNTHESIS SYSTEMS TECHNICAL SUPPORT FOR EARLY DIAGNOSIS OF INTERNAL DISEASES OF CATTLE

Voytyuk V.D., Rogovskii I.L. (irogovskii@gmail.com)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Has the advantages of home phone and does not need a landline in places of work. For example, patented technology Telemetrix T3000 provides the possibility of transmission in cellular communication systems: meter reading, data from the systems monitoring the health of patients at home, monitoring

systems, fire safety, and so on.

Work of system of cellular communication in the VHF frequency ranges UHF 400, 900, 800 and 1800 MHz with a bandwidth of 3 MHz. The drawbacks of such systems is a high-quality communication limit range. Affects the radius of the power and the distance between repeaters, and between the mobile phone and the repeater and is 1-40 km, and the Number and power of the repeaters is growing. In the future cellular communication might become the basis of real world communication. Today mobile phone are cheaper and easier to buy than to establish domestic (home), besides you can pick up a fare without restriction of time of communication, which is important when working with animals whose behaviour is not always predictable.

Thus, the problem of creating a wireless monitoring system requires the following tasks: selection of sensor; development of a method of mounting the sensors; development ushagelova input device (modulator); development ushagelova device for the receiving part (demodulator); develop filters to control by the Registrar; choice of Registrar; choice of the configuration of the computer; software development.

The choice of sensor equipment. During the observation, the first group of the above-mentioned physiological parameters of animals (1-4, 6, 7) refers to exclusively pavlinovna, and the temperature is almost constant parameters. Therefore, the main requirements of sensor equipment can be summarized as follows: performance in the frequency range up to 6 Hz; high sensitivity; small size; low stromsparen; possibility of fastening on an animal.

Competent designing of the diagnostic system includes careful selection of appropriate subsystems. It is necessary to pay special attention to methods of anchoring means on the animal and the means of protecting devices from damage. To simplify the practical implementation advise you to use serial sensors, which are included in the stand kit "Dolphin" (Table 1).

Table 1. Basic characteristics of sensors.

Sensor type	Frequency band, Hz	Sensitivity	Overall dimensions, mm	Weight, g
AHC-114-06	0,1 – 50	100 mv ss/m	12 × 10	10
DR (research sensor for scar)	0 – 5	100 mv/mm	100 × 80 × 50	90
Thermocouple XK	0 – 5	100 mv/degree	10	3

Accelerometers series ANS have been used successfully in the first phase of research using a wired connection between the accelerometers and the Registrar. The sensor in the rumen (experimental design) advanced based on the results of the first phase of the research. This sensor contains a three-band and measuring acoustic noise, vibrations and relative displacements. Thermocouple standard sensor reusable.

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ

Черновол М.І., доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН України (rector@kntu.kr.ua), **Свірень М.О.**, доктор технічних наук, професор, **Кісільов Р.В.**, кандидат технічних наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет,
м. Кропивницький*

Підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва неможливе без впровадження сучасних технологій виробництва кормів та розробки технічних засобів для їх приготування.

Корми значною мірою є визначальними у виробництві тваринницької продукції, оскільки в структурі собівартості вони займають 50–70% витрат. Незбалансованість годівлі тварин, порушення зоотехнічних вимог до підготовки кормів для згодовування призводить до того, що генетичний потенціал тварин реалізується лише на 40–80%.

Для підвищення прибутковості галузі тваринництва сьогодні застосовуються нові технології приготування збалансованих кормосумішей з застосуванням збагачувальних вітамінів, ферментів, біостимуляторів, транквілізаторів та інших лікувально-профілактичних препаратів. Це дещо дозволяє підвищити ефективність галузі, однак приготування якісних кормосумішей для ВРХ відомими традиційними вітчизняними змішувачами кормів не забезпечується. Поряд з цим висока енергоємність існуючих конструкцій таких змішувачів суттєво підвищує собівартість тваринницької продукції. Тому, проведення досліджень і розробка на їх основі нових конструкцій змішувачів кормів з можливістю приготування багатокомпонентних кормових сумішей з різними фізико-механічними властивостями і низьким енергоспоживанням є актуальною задачею, вирішення якої дозволить підвищити ефективність тваринництва.

Метою даного дослідження є підвищення ефективності приготування багатокомпонентних кормових сумішей з різними фізико-механічними властивостями в змішувачах і зменшення енергоспоживання на їх приготування.

В зв'язку з поставленою проблемою для усунення недоліків в роботі традиційних змішувачів кормів на кафедрі сільськогосподарського машинобудування ЦНТУ було запропоновано вдосконалений змішувач з комбінованим рухом мішалки, яка обладнана гвинтовими і плоскими периферійними лопатями з різними кутами нахилу та радіальними пальцями (рис. 1).

Процес змішування кормів здійснюється таким чином. Компоненти суміші у відповідному співвідношенні пошарово подаються завантажувальним транспортером в бункер, де вже в процесі завантаження відбувається часткове їх змішування стрічковими гвинтовими лопатями з

радіальними пальцями, і далі подаються у багатосекційну мішалку з плоскими периферійними лопатями.

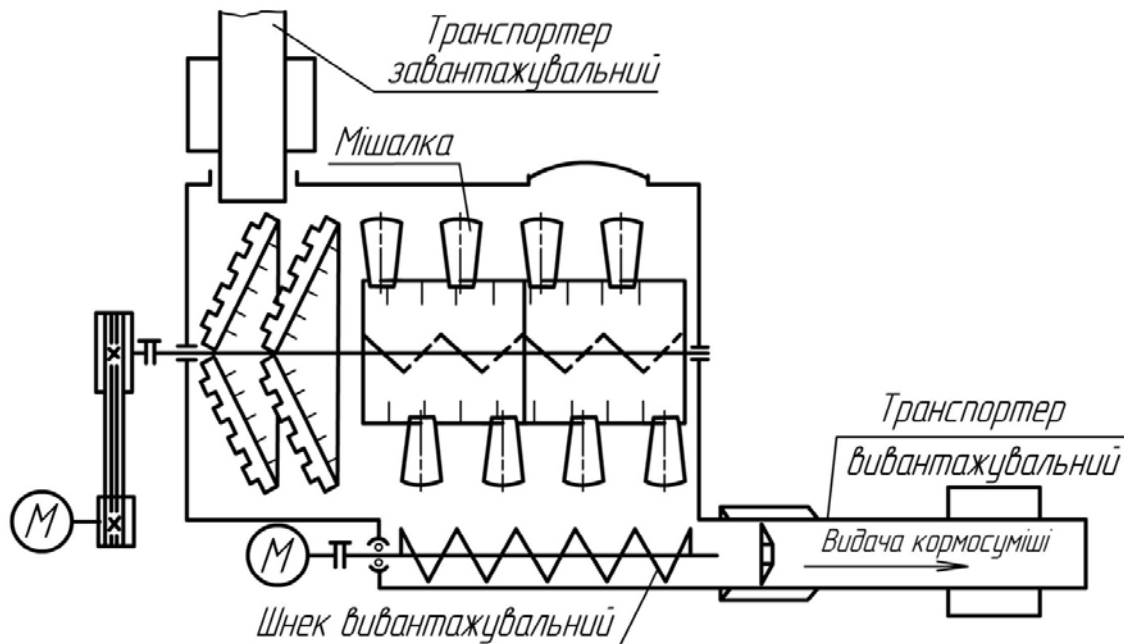


Рис. 1. Технологічна схема комбінованого стрічкового-лопатевого змішувача кормів.

Лопаті верхнього ряду з правим кутом нахилу відокремлюють порцію суміші, яка відповідає ширині лопаті, і перемішують її в радіальному, круговому і осьовому напрямку в правий кінець змішувача, а другий ряд з лівим кутом нахилу – в лівий кінець мішалки, створюючи з радіальними пальцями велику мікрооб'ємну множину суміші з дискретним вмістом часток компонентів. При цьому частки кожного компоненту суміші потрапляють в зону взаємодії складних рухів, перетинів і зіткнень та періодично переміщуються з одного потоку до іншого, що забезпечує інтенсивний масообмін і прискорює процес змішування кормів.

Висновки. Теоретичні і експериментальні дослідження показують, що розроблена математична модель приготування кормосумішей для ВРХ при врахуванні алгоритму функціонування вдосконаленого одновального змішувача кормів порційної дії з застосуванням радіальних пальців забезпечує необхідну технологічну ефективність і стабільність виконання технологічного процесу змішування в'язких вологих кормових сумішей.

Запропонована конструкція вдосконаленої мішалки комбінованого стрічкового-лопатевого одновального змішувача кормів підвищує ефективність приготування багатокомпонентних кормових сумішей з різними фізико-механічними властивостями і дозволяє зменшити на 18% енергоспоживання їх приготування порівняно з вітчизняними машинами аналогічного призначення.

УДК 631.362.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНОВАТИВНОЙ
ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, УБОРКИ И ПЕРЕРАБОТКИ
ИНДУСТРИАЛЬНОЙ КОНОПЛИ**

Ивановс Семенс, профессор (a.nesvidomin@gmail.com)

Латвийский сельскохозяйственный университет, г. Елгава

Конопля (*Cannabis Sativa L.*) уникальная по биологическому составу и возможностям использования культура, которая незаслуженно забыта и даже преследовалась из-за потенциальной возможности получения из нее наркотических веществ. В состав растения конопли входят около 400 органических соединений – больше чем в любой другой культуре. В настоящее время созданы сорта ненаркотической конопли (с содержанием психотропного вещества – гидроканабиола менее 0,2%), из которых практически исключается возможность производства наркотиков. Впервые в мире такие сорта конопли разработаны украинскими селекционерами. Сейчас в Евросоюзе соответствуют этим требованиям и допущены к возделыванию более 50 сортов этой культуры. Компоненты индустриальной конопли востребованы в медицине и косметологии, пищевой и текстильной промышленности, строительстве и энергетике и многих других отраслях. Забота об окружающей среде и стремление использовать благоприятные для здоровья продукты и промышленные изделия возобновили использование конопли для широкого спектра промышленных товаров, включая текстиль, бумага, и композитные изделия для строительства. Сегодня массовое производство этой культуры сдерживается высокой себестоимостью уборки и переработки и недостаточной проработкой технологических решений по созданию новых материалов и продуктов, в т.ч. с учетом необходимости энергосбережения. Поэтому научные работы в этом направлении имеют высокую актуальность.

Ввиду многогранности использования компонентов урожая этого растения нет единой технологии уборки, распространенные технические решения требуют больших капиталовложений и не имеют зональной универсальности и поэтому требуется решение проблемы на основе глубокого научного подхода с учетом многих технологических, экономических и биологических факторов. Решая задачу по обоснованию оптимальной технологии уборки для условий Латвии, мы (Улброкский научный центр Институт сельскохозяйственной техники Латвийского СХУ) успешно сотрудничали с учеными Национального университета биоресурсов и природопользования Украины (В.М. Булгаков) и ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства». Например, разработана математическая модель плоскопараллельного движения прицепного коноплеуборочного агрегата, которая позволила

оптимизировать конструктивные и кинематические параметры прицепной машины. Результаты этой совместной работы отражены в ряде научных публикаций в престижных европейских научных журналах и сборниках, получены патенты на изобретения. Для сушки цветочных компонентов урожая конопли для использования в косметической и фармацевтической промышленности, а также рулонов стеблевой массы разработаны оригинальные экономичные технические решения на базе возобновляемых и альтернативных источников энергии (в т.ч. на базе солнечных коллекторов и батарей, тепловых насосов), позволяющие сократить энергозатраты на 30–40%.

Учитывая высокую урожайность биологической массы индустриальной конопли (до 700 ц/га) проведены исследования и подготовлены рекомендации по ее использованию для получения биогаза. Эта культура может быть успешно включена в севооборот в хозяйствах активно производящих биогаз. Установлено, что выход сухого вещества из биологической массы конопли в агроклиматических условиях Латвии в зависимости от сорта составил до 16 т га⁻¹. При такой урожайности после ферментации массы можно получить 6–7 тыс. м³ биогаза с 1 гектара, что является близким показателем с выработкой биогаза из кукурузного силоса.

Возможностей использования урожая индустриальной конопли для различных целей настолько много, что работы в этих направлениях хватило бы многим научным коллективам. Наши исследования более глубоко направлены на создание новых инновативных строительно-изоляционных материалов. В Латвии уже более 5 лет успешно работает предприятие по строительству индивидуальных домов на основе «конопляного бетона», в котором в качестве основных компонентов используется конопляная костра и известь. Хотя себестоимость квадратного метра таких зданий пока примерно на 30% выше стандартных (т.е. это не жилье экономкласса) они в определенной степени востребованы как в Латвии так и соседних странах, поскольку обеспечивают хороший микроклимат и рекомендуются как здоровое жилье для людей, страдающих аллергией и астмой.

На основе мелкоизмельченной стеблевой массы конопли разработаны строительные и изоляционные плиты, обладающие, по сравнению с древесностружечными, на 50% большей прочностью на изгиб и высокими теплоизоляционными свойствами (коэффициент теплопроводности которых в зависимости от параметров прессования и сырья составлял 0,051–0,060 Вт/(м·К), что только на 10–15% уступают минеральной вате). Установлены закономерности между коэффициентом теплопроводности таких плит в зависимости от плотности, длины резки компонентов и других параметров сырья. Проводятся исследования по

созданию прочных гипсокартонных плит за счет включения в них волокон конопли.

Наши последние исследования и разработки направлены на создание строительно-изоляционных плит на основе костры конопли с интегрированными в них «фазоизменяемыми» капсулами (например, на основе парафина или др.). Такой материал не только экологически безвреден, но и создает благоприятный микроклимат. При дневных колебаниях температуры днем капсулы поглощают (аккумулируют) тепло, а ночью (при падении температуры ниже определенной отметки), они отдают тепло в окружающие помещения и таким образом не только создают комфортную температуру без использования стороннего источника энергии, но и повышают энергоэффективность помещений.

UDK 631.356.02

OSCILLATION OF TRAILED HARVESTING MACHINE

Bulgakov Volodymyr, Holovach Ivan, (a.nesvidomin@gmail.com)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

Findura Pavol, Kročko Vladimír, Nozdrovický Ladislav, Korenko Maroš

Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra

Let's study only vertical reciprocating (jumping) oscillating motion. Then equivalent dynamic model will look like that depicted in Fig. 1. It is a mechanical system with one degree of freedom. Vertical displacement Z of sprung mass over rear wheels (there are no front ones) is accepted as generalized co-ordinate. The generalized co-ordinate will be calculated from the position of the static system equilibrium. Then motion of the given mechanic system is described by II-d mode Lagranghe equation:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i - \frac{\partial P}{\partial q_i} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i}, \quad (1)$$

where: $T = \frac{1}{2} m \dot{z}^2$, $P = \frac{1}{2} C(z-h)$, $R = \frac{1}{2} \mu(\dot{z} - \dot{h})^2$, $Q_z = Q_z^{(P)} + Q_z^{(F)} + Q_z^{(Fr)}$.

In accordance with the theory of differential equations the general solution of this equation looks like:

1. $\left[\begin{array}{l} z_1(t) = e^{-nt} (C_1 \cos(k_1 t) + C_2 \sin(k_1 t)), \text{ if resistance is low } n < k; k_1 = \sqrt{k^2 - n^2} \\ \text{or } z_1(t) = a e^{-nt} \sin(k_1 t + \beta), \end{array} \right.$
2. $\left[\begin{array}{l} z_1(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t}, \text{ where } \lambda_1 = -n + \sqrt{n^2 - k^2}; \lambda_2 = -n - \sqrt{n^2 - k^2} \\ z_1(t) = e^{-nt} (C_1 e^{k_2 t} + C_2 e^{-k_2 t}) \text{ high resistance } (n > k) k_2 = \sqrt{n^2 - k^2}, \end{array} \right.$
3. $z_1(t) = e^{-nt} (C_1 + C_2 t) \quad n = k - \text{critical resistance.}$

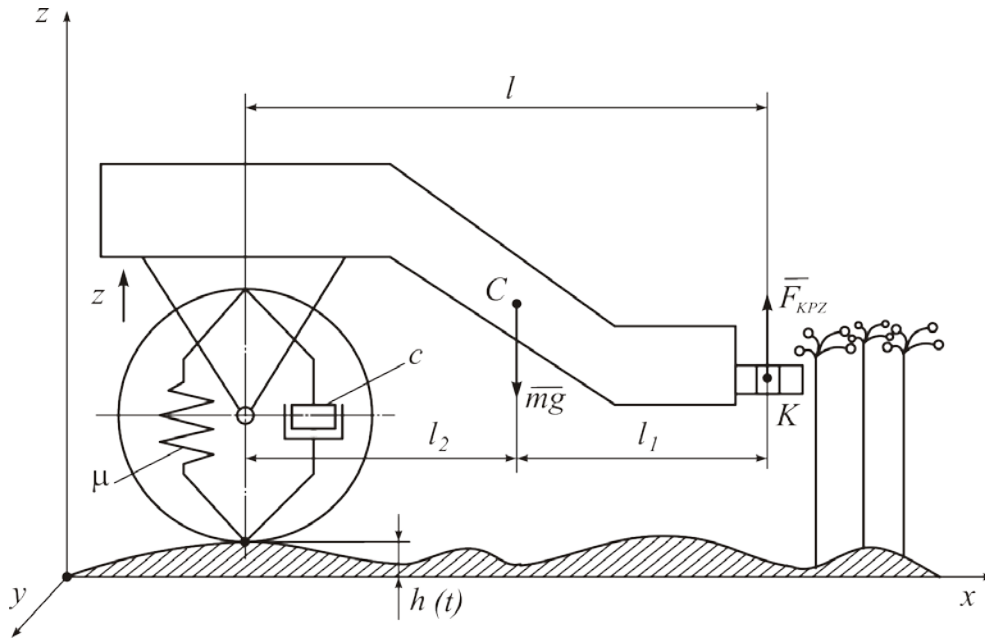


Fig. 1. Oscillation mechanical system with degree of freedom.

Let:

$$h(t) = h_0 \sin\left(\frac{Vt}{L}\right),$$

where $h(t)$ – the height of the road hill; L – length of the road hill; V – constant speed of the combine-harvester movement.

$$\begin{aligned} \dot{z}_2(t) &= Ak_3 \cos(k_3 t) + Bk_3 \sin(k_3 t), \\ \ddot{z}_2(t) &= -Ak_3^2 \sin(k_3 t) + Bk_3^2 \cos(k_3 t), \\ -Ak_3^2 \sin(k_3 t) - Bk_3^2 \cos(k_3 t) + 2n(Ak_3 \cos(k_3 t) + Bk_3 \sin(k_3 t)) + \\ &+ k^2(A \sin(k_3 t) + B \cos(k_3 t)) \equiv A_0 \sin(k_3 t) + B_0 \cos(k_3 t), \\ \sin(k_3 t) \left[-Ak_3^2 - 2nk_3 + Ak^2 - A_0 \right] + \cos(k_3 t) \times & \\ \times \left[-Bk_3^2 + 2nk_3 A + k^2 B - B_0 \right] \equiv 0, & \Rightarrow \\ \begin{cases} A(k^2 - k_3^2) - 2nk_3 B = A_0 \\ B(k^2 - k_3^2) + 2nk_3 A = B_0 \end{cases} & \Rightarrow A = \frac{A_0 + 2nk_3 B}{k^2 - k_3^2}, \\ B(k^2 - k_3^2) + 2nk_3 \frac{A_0 + 2nk_3 B}{k^2 - k_3^2} = B_0, & \\ B \left[k^2 - k_3^2 + \frac{4n^2 k_3^2}{k^2 - k_3^2} \right] = B_0 - \frac{2nk_3 A_0}{k^2 - k_3^2}, & \\ B \frac{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2 k_3^2}{k^2 - k_3^2} = \frac{B_0(k^2 - k_3^2) - 2nk_3 A_0}{k^2 - k_3^2}, & \end{aligned}$$

$$B = \frac{2nk_3h_0(k^2 - k_3^2) - 2nk_3k^2h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2k_3^2} = -\frac{2nk_3^3h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2k_3^2},$$

$$B = -\frac{2nk_3^3h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2k_3^2},$$

$$A = \left(A_0 + 2nk_3 \frac{-2nk_3^3h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2k_3^2} \right) / (k^2 - k_3^2) =$$

$$= \left(A_0 - \frac{4n^2k_3^4h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2k_3^2} \right) / (k^2 - k_3^2) =$$

$$= \left(k^2h_0 - \frac{4n^2k_3^4h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2k_3^2} \right) / (k^2 - k_3^2) =$$

$$= \frac{(k^2 - k_3^2)^2 k^2 h_0 + 4n^2 k_3^2 k^2 h_0 - 4n^2 k_3^4 h_0}{[(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2 k_3^2] (k^2 - k_3^2)} =$$

$$= \frac{(k^2 - k_3^2) k^2 h_0 + 4n^2 k_3^2 h_0}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2 k_3^2} = \frac{h_0 (k^2 (k^2 - k_3^2) + 4n^2 k_3^2)}{(k^2 - k_3^2)^2 + 4n^2 k_3^2}.$$

The graph (Fig. 2) shows that during the initial period of time (0-9 sec) the influence of soil surface shape on cross oscillations of the assembly is marked and at ($t > 9$ sec) oscillations of the assembly are adjusted to the shape of the soil surface.

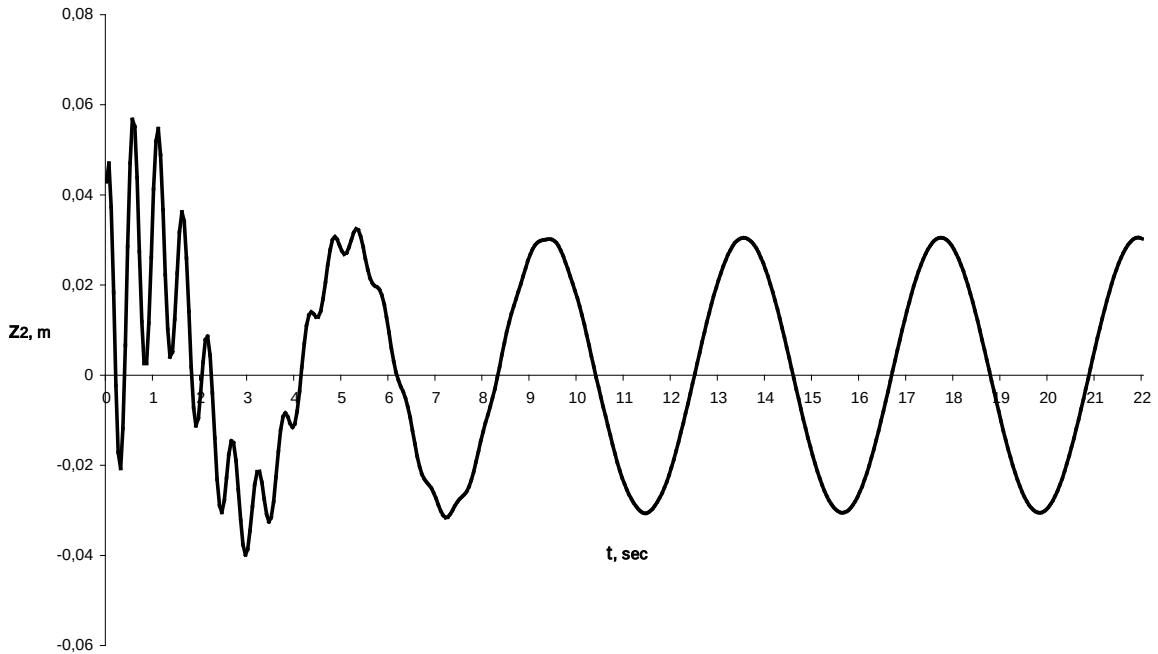


Fig. 2. Dependence of system deviation on equilibrium position.

ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН ПРИ ПЕРЕВАНТАЖЕННІ

Черниш О.М., кандидат технічних наук, доцент (chernysh@nubip.edu.ua)
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ

Мета дослідження. Для оцінки надійності роботи робочих елементів машин, що працюють в умовах дії нестационарних перевантажень, потрібно врахувати випадкові параметри навантаження і міцності.

Результати досліджень. Для дослідження випадкових параметрів працездатності і навантаження робочих відповідальних елементів машин була розглянута взаємодія функціональних залежностей узагальненої міцності і навантаження як випадкових функцій у розрахунковому часовому інтервалі експлуатації.

Знаючи характеристики випадкових функцій, математичні очікування, і кореляційні функції, можна визначити характеристики випадкової функції запасу міцності.

Якщо узагальнена міцність робочого елемента машини є випадковою сталою величиною, то інтенсивність відмов визначиться як

$$\bar{U}^-(0) = -p_S(0) \int_{-\infty}^0 \dot{F} \cdot p_{\dot{F}}(\dot{F}) d\dot{F}, \quad (1)$$

де $p_S(0)$ и $p_{\dot{S}}(\dot{S})$ – щільності імовірностей функції запасу міцності і її похідні за часом.

В результаті функція надійності має вигляд

$$P(T) = [1 - H_S(0|R)] \exp \left[- \int_{-\infty}^0 \bar{U}(0) dt \right], \quad (2)$$

де $H_S(0|R)$ – умовна імовірність відмови.

При цьому для багатоелементної системи, що складена із m частин, в першому наближенні

$$H(t|R) \approx \sum_{k=1}^m \int_0^t \exp \left[- \frac{(\bar{r}_k - \bar{f}_k)^2}{2\sigma_{fk}^2} \right] \frac{\omega_k}{2\pi} d\tau, \quad (3)$$

а повна імовірність відмови буде

$$H(t) \approx \sum_{k=1}^m \int_0^t \frac{\sigma_{fk}}{\sqrt{\sigma_{rk}^2 + \sigma_{fk}^2}} \exp \left[- \frac{(\bar{r}_k - \bar{f}_k)^2}{2(\sigma_{rk}^2 + \sigma_{fk}^2)} \right] \frac{\omega_k}{2\pi} d\tau. \quad (4)$$

де $f_k(t)$, $r_k(t)$ – відповідно параметри узагальненого навантаження і міцності k -го елемента системи, які є процесами із відповідним математичним очікуванням $\bar{f}_k(t) \gg 0$, $\bar{r}_k(t) \gg 0$, дисперсією $\sigma_{fk}^2(t)$,

$\sigma_{rk}^2(t)$, коли справедлива нерівність $\frac{\sigma_{rk}^2 f_k + \sigma_{fk}^2 r_k}{\sigma_{rk} \sigma_{fk} \sqrt{\sigma_{rk}^2 \sigma_{fk}^2}} \gg 1$, а ефективна частота $\omega_k(t)$ є повільно мінливою у порівнянні з функціями часу t .

Отримані залежності можна використати для визначення надійності робочих відповідальних елементів машин як багатоелементних систем, у яких функція надійності залежить від надійності усіх її частин.

Висновки. Аналіз взаємодії випадкових пікових параметрів навантаження та параметрів міцності робочих елементів машини у вигляді функцій узагальненого навантаження і узагальненої міцності від часу, дозволяють оцінити надійність із врахуванням імовірнісних аспектів розподілу даних залежностей в умовах короткочасних перевантажень, що дозволяє підвищити надійність та збільшити ресурс.

УДК 631.3:636

ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ МАШИН У ПТАХІВНИЦТВІ

Ребенко В.І., кандидат технічних наук, доцент (rebenko@nubir.edu.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Система машин представляє сукупність (комплексний набір) взаємопов'язаних по технологічному процесу й продуктивності різнорідних машин і транспортних засобів, що забезпечують комплексну механізацію всіх виробничих процесів. На даний час закінченої системи машин для механізації всіх галузей тваринництва немає, однак промисловістю випускаються комплекти машин і обладнання, застосування яких механізує більшість самих трудомістких технологічних процесів.

Систему машин необхідно розробляти з урахуванням завершення комплексної механізації на споруджених й реконструйованих фермах, комплексах і птахофабриках. Особлива увага при розробці системи машин повинна бути приділена на створення: 1) ефективних технологій і комплектів технологічних засобів для переробки й утилізації відходів у запобіганні забруднення навколишнього середовища; 2) технічних засобів і технологій, що сприяють підвищенню продуктивності тварин і птахів; 3) поліпшення якості продукції й умов праці; 4) скороченню витрат кормів і інших матеріалів; 5) нових прийомів і технологічних засобів для раціонального використання електричної енергії.

У цілому система машин повинна забезпечувати зниження трудомісткості виробництва продукції, істотне скорочення експлуатаційних витрат, приведених витрат, а також розв'язати важливі

соціальні завдання по поліпшенню умов праці й перетворенню його в різновид індустріального.

Перспективна система машин для тваринництва передбачає два напрямки механізації тваринництва й птахівництва: а) для нових ферм і комплексів – високий рівень механізації й автоматизації комплектами спеціальних машин по кожному технологічному процесі; б) для існуючих ферм – завершення механізації з використанням більш простих машин, що вписуються в будівельні конструкції.

Розроблювана система машин для птахівництва базується на наступних положеннях.

1. Створення комплексно-автоматизованих потокових технологічних процесів, що дозволяють забезпечити зооветеринарні й санітарно-гігієнічні умови для вирощування й утримання птиці, виробництва й обробки яєць, м'яса при високій продуктивності.

2. Застосування комплектів обладнання й приладів керування промислового виробництва.

3. Застосування для транспортування кормів, яєць, птиці, підстилки, посліду усередині підприємства стаціонарних електрифікованих транспортерів.

4. Застосування прохідних інкубаторів із завантаженням на інкубацію великих партій яєць, покладених у пересувних етажерках.

5. Вирощування й утримання птиці в кліткових батареях із вбудованими механізмами, що забезпечують роздачу кормів, поїння, збір яєць, збирання посліду в заданому режимі.

6. Використання для роздачі кормів високошвидкісних транспортерів з порційною видачею кормів у годівниці; шайбових транспортерів із чашковими годівницями при напільному вирощуванні птиці.

7. Використання закритої системи водопостачання із застосуванням ніпельних поїлок.

8. Обладнання приміщень із автоматично регульованою системою вентиляції й опалення для створення оптимального мікроклімату.

9. Застосування технологій і технічних засобів при інкубації яєць, обробці й упакуванню харчових яєць, забою, обробці й упакуванню м'яса птиці з урахуванням скорочення обслуговуючого персоналу й забезпечення санітарно-гігієнічних умов та товарного виду продукції.

10. Застосування обладнання для переробки відходів виробництва в кормове борошно й органо-мінеральні добрива.

11. Здійснення автоматичного контролю над режимом технологічного процесу продуктивності й біологічних даних птиці.

УДК 631.3:636

**ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ МОЛОКОВІДДАЧІ
НА РЕЖИМИ РОБОТИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА**

Ачкевич О.М., кандидат технічних наук (achkevych@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Ачкевич В.І.

Компанія «Аврора – Сервіс», м. Київ

Важливим є збереження якості молока при машинному доїнні. Існує проблема виведення видосного молока з молокозбірної камери колектора у верхній молокопровід (для доїльних установок типу «молокопровід»), особливо це стосується процесу машинного доїння високопродуктивних корів, коли має місце несвоєчасне відведення молока із колектора та пульсація потоку в молочному шлангові.

Розглянемо вплив конструкційних параметрів молочної камери колектора на характер зміни тиску. Під час такту ссання до молочної камери колектора надходить молоко зі швидкістю молоковіддачі Q_m (м³/с). Одночасно через молочний шланг до молокопроводу надходить молоко зі швидкістю Q_{mm} (м³/с). Кількість молока яка залишається у молочній камері колектора залежить від прохідності вивідної системи, тобто молочного патрубку, становить різницю $Q_m - Q_{mm}$. При постійній різниці потоків, у молочній камері тиск зростає на величину пропорційну зменшенню її вільного об'єму.

При збільшенні молоковіддачі та незмінній величині постійної часу молоковиведення (ϕ_1) під час такту ссання, змінюється об'єм, який займає молоко (V_m) та, відповідно, величина приросту тиску (Δp) у молочній камері колектора (рис. 1):

$$V_m = (Q_m - Q_{mm})\tau_1, \quad (1)$$

де ϕ_1 – постійної часу молоковиведення під час такту ссання, с; V_m – об'єм, який займає молоко у молочній камері колектора під час такту ссання, м³; Q_m – швидкість молоковіддачі, м³/с; Q_{mm} – швидкість молока, що надходить через молочний шланг до молокопроводу, м³/с.

Зі збільшенням об'єму молочної камери колектора (V_k) спостерігається (рис. 1) менший приріст тиску (Δp) незалежно від швидкості молоковіддачі (Q_m) при незмінній величині постійної часу молоковиведення під час такту ссання (ϕ_1). В такому випадку регулюючим впливом на рівень зміни тиску може бути прохідності вивідної системи за рахунок, наприклад, варіювання діаметром молочного шланга (шляхом зменшення Q_{mm}).

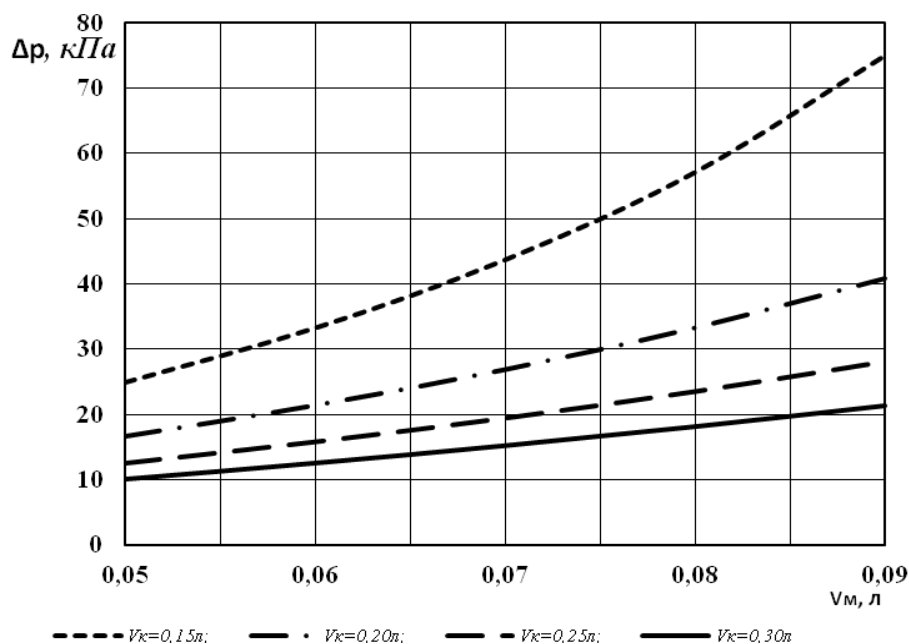


Рис. 1. Залежність приросту тиску (Δp) у молокозбірній камері колектора від рівня заповнення її молоком (V_m) та конструкційного об'єму (V_k) за умови тиску на початку такту ссання $p_k=50$ кПа.

Пояснення полягає в наступному. Збільшений об'єм молока (V_m) характерний для колекторів з меншим конструкційним об'ємом молочної камери (V_k). Відповідно до графічних залежностей на рис. 1, зі зменшенням конструкційного об'єму молочної камери (V_k) колектора збільшується величина приросту тиску ($\Delta p + p_k$) повітря, що прискорює потік молока (x_{mm}) у перерізі молочного патрубку незалежно від його діаметра.

Таким чином, конструкційно-технологічні параметри молочної камери та молочного патрубку колектора мають суттєвий вплив на забезпечення якісного технологічного процесу машинного доїння корів, незалежно від їх продуктивності.

УДК 621.382

ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ МЕТОДОМ ОЗОНУВАННЯ

Семенов О.О. (nv_marchenko@ukr.net)

ВП НУБіП України “Бережанський агротехнічний коледж”,
м. Бережани

Очищення води – найгостріша проблема сьогодення. Об'єм забрудненої води постійно збільшується, і навіть та, що використовується для водопостачання, часто не може похвалитися по-справжньому високою якістю. Близько 90 % всіх використовуваних водних ресурсів потребують постійного очищення.

З числа відомих методів очищення води багато з них перебувають поки на стадії чисто наукових розробок (до них відносяться, наприклад, пропускання постійного, змінного або імпульсного струму, кавітація, радіаційне опромінення рентгеном, гамма-квантами або прискореними електронами). Реальними практичними технологіями є хлорування, озонування та ультрафіолетове (УФ) опромінення. Вважається, що озонування є більш екологічно чистою технологією. Озонування, як засіб для знезараження, вперше було випробувано в 1886 р. у Франції. У світі на сьогоднішній день працює безліч систем водопідготовки, що використовують озонування: у Франції, Канаді, Швейцарії, Італії, Німеччині, Саудівській Аравії та ін.

Проведення озонування для отримання питної води дає такі результати: знижується кольоровість і поліпшується прозорість рідини; видаляються запахи і присмаки; видаляється марганець і залізо; окислюються і розкладаються сполуки азоту (аміак), ціаніди, сірководень і фенольні сполуки; окислюються нафтопродукти; відбувається дезінфекція та стерилізація.

В озонованій питній воді є, як корисні властивості, так і недоліки. При розпаді цього газу утворюється кисень у великій кількості, від чого поліпшуються лікувальні та смакові властивості рідини. Також озон володіє знезаражувальними властивостями, вбиваючи всі шкідливі мікроби і віруси, при цьому рН склад залишається без змін. Якщо говорити про мінуси застосування цього методу очищення, то варто бути обережнішими при тривалому вдиханні газу – він може надати шкідливий вплив на легені і дихальні шляхи.

Однією з переваг озону з гігієнічної точки зору є нездатність, на відміну від хлору, до реакцій заміщення, у воду не вносяться сторонні домішки і не виникають шкідливі для людини сполуки. Особливістю озону є і його швидке розкладання у воді з утворенням кисню, тобто озон володіє повною екологічною безпекою. Час "життя" озону у воді – 10–15 хв. В результаті, при застосуванні цієї технології не утворюються такі хлоровміщуючі речовини, як діоксин.

Установки озонування води містять такі основні апарати як генератор озону; систему введення озону в воду і його змішування; реактор – ємність, в якій за рахунок перемішування і витримки забезпечується необхідний час реакції озону з водою; деструктор озону для видалення залишкового озону, що не прореагував; прилади контролю озону у воді і повітрі. Необхідна доза озону при знезаражуванні питних вод становить 0,6–3,5 мг/дм³. Концентрація залишкового озону після камер змішування підтримується на рівні 0,1–0,3 мг/дм³. Дози озону для знезараження стічних вод складають 6–10 мг/дм³. Тривалість контакту 8–20 хв. Безсумнівно, що якість води при водопідготовці з використанням озонування буде значно вище, ніж при інших технологіях. Ще однією

перевагою використання озонування є те, що при відносно високій вартості первинних капітальних витрат експлуатаційні витрати пов'язані тільки зі споживанням електроенергії (в середньому 0,05–0,07 кВт на 1 г озону) [3].

Перелік посилань

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Москва. Издат-во Ассоциации строительных вузов. 2006. 704 с.
2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Самойлович В.Г. Озонирование в процессах очистки воды. Москва. ДеЛи принт. 2007. 400 с.
3. Орлов В.А. Озонирование воды. Москва. Стройиздат. 1984. 88 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Чинний від 2010-05-12. Київ. 2010. 42 с.

УДК 674.05:620.16

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ЗУБІВ ПИЛКИ

Сірко З.С., кандидат технічних наук (nv_marchenko@ukr.net)

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

УкрНДІ «Ресурс», м. Київ

Браузеветтер Юрген

Фірма «Leitz», м. Київ

Різальна крайка леза являє собою перехідну криву поверхню, що з'єднує передню та задню поверхні [1]. Розрізняють поздовжню (вздовж крайки) та поперечну (в нормальному перерізі) мікрогеометрії. Профіль реального леза, яке пропрацювало деякий час, як правило, приймають за дугу кола радіусом ρ . Радіус ρ називають радіусом заокруглення різальної крайки. Під час різання у результаті складних механічних та фізико-хімічних процесів спостерігається зношення леза, тобто зміна геометрії та мікрогеометрії його елементів. Наслідком зношення є затуплення леза, тобто втрата ним гостроти та різальних властивостей. Тому, на практиці, досить важливо контролювати лінійні розміри зубів пилки, щоб вчасно виявити їх затуплення та провести загострювання зубів і, таким чином, відновити різальну спроможність інструменту.

Авторами розроблений пристрій для вимірювання лінійних розмірів зубів пилки (патент України №115832), за допомогою якого можна надати кількісну оцінку параметрам лінійних розмірів зубів пилки.

Пристрій працює наступним чином. Інструмент встановлюють на пласку базову поверхню скоби. Шток індикатора годинникового типу з насадкою торкається леза інструменту. Показники індикатора фіксують. Після цього зуб пилки встановлюють між нерухомою губкою, що

закріплена на скобі та рухомою губкою. Показники індикатора фіксують зміну ширини зуба.

Пристрій дозволить постійно контролювати зміни в ширині зубів пилки працівниками інструментальних господарств.

Перелік посилань

1. Морозов В.Г. Дереворежущий инструмент. Москва. Лесная промышленность. 1988. 340 с.

УДК 631.331

**ЗБІЛЬШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР З МОДИФІКОВАНИМ
ВІБРАЦІЙНИМ ДОЗАТОРОМ БУНКЕРА**

Вечера О.М. (olegv@meta.ua)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

В сільськогосподарських машинах, таких, як протруювачі насіння та в інших, потрібне дозування зернистих матеріалів з рівномірним неперервним дозуванням насіння сільськогосподарських культур і робочої рідини, оскільки вони є необхідною передумовою рівномірної обробки насіння препаратом, а отже і досягнення високої ефективності протруювання. Ця операція часто поєднується із одночасним формуванням потоку насіння певної форми та щільності за допомогою проточних дозаторів об'ємного типу, обладнаних пасивними чи активними розподільниками насіння. Продуктивність та рівномірність потоку насіння, що подається такими дозаторами на робочий орган, визначається умовами його витікання з бункера, пропускною здатністю дозуючого отвору, гальмівною дією розподільників та ін. Продуктивність дозаторів з активними розподільниками залежить від частоти обертання розподільника та його конструкції (диск або конус), а дозаторів протруювачів інерційно-фрикційного типу [1], у яких робочий орган одночасно є активним розподільником насіння – ще й від параметрів бокової поверхні робочого органа та вібраційними процесами протруювача. Згідно з результатами досліджень [2–5] вплив умов витікання насіння з бункера на рівномірність потоку визначається параметрами випускного отвору, місткості і висотою заповнення її насінням, а також його фізико-механічними властивостями, включаючи тертя. До чинників, сприяючих зниженню сил сухого тертя, відноситься коливальний рух бункера і зернистого матеріалу, що знаходиться в ньому. Для мобільних машин – це можуть випадкові коливання бункера, обумовлені хитавицею машин або вібраційними коливаннями від працюючих електродвигунів та механічних передач, які передають

обертовий момент тощо. Але з метою усунення можливості утворення зведень і здобуття стійкішого і рівносірнішого виділення матеріалу від бункера, спеціальний коливальний рух можна надати бункеру або сипкому матеріалу.

Два основні завдання динаміки зернистих матеріалів (закони виділення і закони розподілу тиску на дно і стінки силосів і бункерів) розглядаються в припущенні існування досить великих коефіцієнтів внутрішнього і зовнішнього тертя зерен. Між тим, кути тертя в різних сипких матеріалів змінюються в широких межах і можуть бути малими. Можна уявити собі і такий зернистий матеріал, між зернами якого є рідина, наприклад, масляна або інша плівка. У статиці такий матеріал поводитиметься так, як ніби сили зовнішнього і внутрішнього тертя практично відсутні.

Ефект дії вібрацій на зернисте середовище зводиться як би до зниження коефіцієнтів тертя. В процесі коливань сили нормального тиску зерен одне до одного, на стінку труби і сили тертя між ними змінюються. В результаті цього сили, недостатні для взаємного відносного зсуву зерен при їх спокої, можуть виявитися достатніми для здійснення переміщень в окремі моменти часу при вібраціях, що негативно впливає на рівномірність процесу протруювання насіння. Загальний ефект від дії вібрацій зводиться, таким чином, до зменшення сил, необхідних для здійснення переміщень, тобто до зменшення коефіцієнта тертя. Таке явище добре відоме в техніці і знаходить практичне вживання, наприклад, при вібраційному зануренні паль.

Метою досліджень є здобуття якісної оцінки впливу вібрацій дозатора бункера на динаміку зернистого матеріалу, тобто вивчення впливу вібрацій на закони виділення і розподілу тиску в бункері. У основу цієї оцінки покладений ефект зниження кутів тертя при вібраціях. Кількісне дослідження повинне враховувати всі характеристики коливального руху, що здійснюється дозатором (поступальні коливання в горизонтальному, вертикальному або похилому напрямках; поступальні коливання по кругових або еліптичних траєкторіях і т.п.). Дослідженню впливу поступальних вертикальних коливань на закони виділення присвячені робота [6] і ін.

Відповідно до викладеного, вважатимемо, що із зростанням інтенсивності (частоти і максимального прискорення) вібрацій ефективні кути тертя знижуються, і в граничному випадку можна уявити собі їх повне зникнення. Це приведе до відповідної зміни коефіцієнтів опору та нормального тиску, що впливає на рівномірність подачі насіння.

У випадку використання активних розподільників (як правило, обертових дисків, конусів тощо) гальмівний опір висипанню насіння з випускної горловини бункера, ці розподільники створюють внаслідок накопичення в зоні під випускною горловиною шару насіння, що не

евакуюється з цієї зони активними розподільниками. В цьому випадку причиною зменшення потенційної продуктивності дозатора є неузгодженість конструктивних параметрів дозатора та режимів роботи активного розподільника і випускної горловини [5]. З метою прискорення евакуації насіння із зони сходу його з розподільника в деяких протруювачах (наприклад ПНУ-4) пробували застосовувати додаткові конструктивні елементи – активатори.

В протруювачах інерційно-фрикційного типу, які поєднують дозування, розподілення і обробку насіння рідкими пестицидами одним робочим органом, продуктивність дозатора визначають ті ж фактори, що й в інших проточних дозаторів з активними розподільниками, та ще й параметри бокової конічної поверхні робочого органу [1, 5]. Узгодження дії усіх цих факторів з обов'язковим врахуванням характеристик насіння, що дозується і обробляється, забезпечує надійну роботу протруювача в цілому, яка, очевидно, можлива у випадку, коли насіння з достатньою швидкістю буде рухатися вгору по твірній конічного робочого органу. Ця ж умова є і умовою не гальмування насінням, що знаходиться на робочому органі, насіння, яке надходить від дозатора.

В подальшому для більш якісного проектування та розрахунку продуктивності була поставлена задача розрахувати максимальну швидкість висипання, а отже й продуктивність конічного бункера з модифікованим конічним розподільником (вібраційним дозатором) всередині бункера, який використовується в модифікованих конструкціях протруювачів типу ПНУ-4, ПНУ-10 та розрахувати оптимальні параметри бункера відповідно продуктивності робочого органу – камери протруювання для отримання максимальної продуктивності та мінімальної нерівномірності протруювання насіння з врахуванням вібраційних коливань протруювача.

Перелік посилань

1. Тимошенко С.П., Вечера О.М., Тимошенко С.І. Спосіб обробки насіння рідкими препаратами. Патент 96498 А01С 1/08, 2006/01, 10.11.2011. Бюл. № 21.
2. Семенов А.Н. Зерновые сеялки. Киев. Машгиз. 1959. 318 с.
3. Атомян В.М. Свободное истечение и высев семян зерновыми сеялками. Ереван. Из-во Главного управления с.х. науки МСХ Армянской ССР. 1960. 138 с.
4. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. Москва. Машиностроение. 1976. 271 с.
5. Тимошенко С.П., Михайленко М.А. Разработать рабочие органы протравливателей семян и обосновать их оптимальные параметры. Раздел №2. Отчета по теме №4 НИР УНИИМЭСХ. Глеваха. 1978. 77 с.
6. Барабанская Г.Ф. О влиянии вибраций на истечение сыпучих материалов из бункера при виброускорениях, не превышающих ускорения силы тяжести. Механика сплошных сред в сельхозмашиностроении. Ростов на Дону. 1973. С. 86–92.

УДК 621.865.8

**СИНТЕЗ РІВНЯНЬ РУХУ ЛАНОК СТІЛОВОЇ СИСТЕМИ
КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА МЕТОДОМ ЛАГРАНЖА-ЕЙЛЕРА**

Сподоба О.О. (sp1309@ukr.net),

Ловейкін В.С., доктор технічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Повний аналіз рухів крана-маніпулятора можна отримати, застосовуючи метод Лагранжа-Ейлера. Провівши кінематичний аналіз за допомогою матричного представлення Денавіта-Хартенберга, формування рівнянь руху крана маніпулятора методом Лагранжа-Ейлера відрізняється простотою і однорідністю підходу. Так-як ланки стрілової системи крана маніпулятора представляють собою тверді тіла, цей метод призводить до системи нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку [1].

Суть методу полягає у використанні матриць перетворення однорідних координат. Рівняння руху сформовані за допомогою даного методу відображають ефекти, зв'язані з дією сил інерції, зумовлених прискоренням рухом ланок стрілової системи крана-маніпулятора, дією коріолісових і відцентрових сил, а також сил які виникають під дією сил ваги. Рівняння Лагранжа-Ейлера забезпечують повний опис динамічного стану крана-маніпулятора і можуть бути використані для розробки законів керування у просторі ланками стрілової системи, досліджені впливу сил та моментів на металоконструкцію крана-маніпулятора.

Перелік посилань

1. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехніка. Мир. Москва. 1989. 624 с.

УДК 621.865.8

**ЗООТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ
ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО ВПЛИВУ НА
ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ТВАРИН ПІД ЧАС ДОЇННЯ**

Ачкевич О.М., кандидат технічних наук (achkevych@gmail.com)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Ачкевич В.І.

Компанія «Аврора – Сервіс», м. Київ

Доїльні установки які сьогодні використовуються в Україні суттєво відрізняються одна від одної як за конструкцією так і за організацією технологічного процесу машинного доїння корів. Жодне обладнання, що використовується в галузі тваринництва не контактує так близько із живим організмом як доїльний апарат. Оскільки мінімальний впливати на

фізіологічний стан тварин під час доїння є запорукою збереження здоров'я молочної залози та якості отриманого молока, до доїльних апаратів висуваються наступні зоотехнічні вимоги:

- режим роботи апарата повинен змінюватися в залежності від інтенсивності молоковіддачі, забезпечуючи оптимальну швидкість доїння;
- у процесі доїння повинна здійснюватись своєчасна стимуляція молоковіддачі і досягатись найбільш повне видоювання молока без ручного додоювання, а температура доїльних стаканів повинна бути близькою до температури вимені тварини;
- в апараті повинно бути передбачено засоби регулювання співвідношення тактів частоти пульсації;
- повинна забезпечуватись повна безпека для тварини, як самого процесу доїння, так і випадкових перетримувань доїльних стаканів на дійках;
- необхідно надійно ізолювати молоко від дотику рук людини, що виключає бактеріологічне забруднення молока;
- в апараті повинен бути передбачений облік надою молока від кожної корови;
- бажана наявність засобів сигналізації про закінчення процесу доїння, а також засобів для автоматичного відключення доїльних стаканів при зніманні їх з діжок;
- апарат повинен бути максимально простим при найменшому числі деталей, щоб забезпечувалась можливість проведення швидкого миття;
- тривалість перехідних процесів повинна бути зведена до мінімуму, а перепади тисків у піддійкових камерах повинні відбуватись миттєво;
- пропускна здатність повинна відповідати максимальному значенню інтенсивності молоковіддачі;
- конструкційні параметри колектора повинні забезпечувати відсутність зворотного потоку молока;
- частота пульсації, співвідношення тактів і вакуумний режим доїльного апарата повинні бути незмінними у процесі доїння або автоматично пристосовуватись до умов доїння.

Режими роботи виконавчих механізмів доїльного апарата на сучасному етапі достатньо пропрацьовано (табл. 1).

Відповідно до табл. 1, можна відзначити високий технічний рівень зарубіжного доїльного обладнання. Але використання дорогого імпортного обладнання не завжди економічно обґрунтовано для вітчизняних молочних ферм, що розвиваються. Також не завжди техніко-технологічні показники сучасного обладнання влаштовують вітчизняних виробників. Так для застосування доїльних апаратів фірми Де-Лаваль стадо корів повинно бути стресостійким до режиму його роботи.

Здійснюючи вибір доїльного обладнання для свого стада корів, виробник повинен врахувати цілий набір факторів, таких як порода,

продуктивність, пристосованість до машинного доїння, частота захворюваності та інше.

Таблиця 1. Доїльні апарати з керованими режимами роботи.

Доїльний апарат, виробник, країна	Параметри, що змінюються в залежності від режиму роботи	Значення параметрів залежно від швидкості молоковіддачі, г/хв		
		до 200	більше 200	менше 200
Дуовак 300, Де-Лаваль, Швеція	залежно від фази доїння автоматично регулюється: - вакуумметричний тиск, кПа - частота пульсації, с ⁻¹ - співвідношення тактів, %	35 0,8 1:2	51 1,0 3:1	35 0,8 1:2
Стімопульс С Вестфалія, Німеччина	залежно від фази доїння, з попередньою стимуляцією, автоматично регулюється: - вакуумметричний тиск, кПа - частота пульсації, с ⁻¹ - співвідношення тактів, %	34 0,8 67:33	48 1,0 67:33	34 0,8 67:33
Нурлат, Петротрейд, Росія	залежно від фази доїння автоматично регулюється: - вакуумметричний тиск, кПа - частота пульсації, с ⁻¹	33 0,75	50 1,0	33 0,75
УНІКО, САК, Данія	автоматично забезпечується: - зміна вакуумметричного тиску, кПа - стимуляція доїння при молоковіддачі 400–500 г/хв	34	54	34

УДК 631.356.24

ПОРІВНЯЛЬНІ ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ

Скальський О.Ю. (thesashko@hotmail.com)

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль

Для підтвердження технологічної ефективності застосування копача для викопування коренеплодів цикорію [1] було проведено польові порівняльні дослідження в умовах господарства із застосуванням польової установки.

Раціональні конструктивно-кінематичні параметри робочих органів комбінованого копача, який змонтовано на удосконаленій коренезбиральній машині під час проведення порівняльних польових досліджень було встановлено за результатами теоретичних і попередніх експериментальних досліджень. При цьому раціональні конструктивно-

кінематичні параметри комбінованого копача були наступними: діаметр диска 0,45 м; кут атаки диска 30 град; глибина ходу диска 9 см; діаметр приводного вала 0,6 м; частота обертання приводного вала 500 об/хв; глибина ходу лапи розрихлювача 16 см.

На першому етапі провели польові дослідження базової коренезбиральної машини без застосування розрихлювача. У подальшому визначали агротехнічні показники якості роботи комбінованого копача і, на основі порівняльної характеристики показників удосконаленої і базової коренезбиральної машини, визначали загальну технологічну ефективність роботи комбінованого копача.

Таблиця. Показники якості виконання технологічного процесу збирання коренеплодів цикорію під час проведення порівняльних досліджень.

Найменування показників	Значення показників		
	Модернізована	Базова	АТВ
Робоча швидкість руху, м/с	1,5	1,5	до 1,5
Глибина підкопування:			
- середня, см	8,9	9,0	-
- середньоквадратичне відхилення, $\pm$ см	0,8	0,83	-
Якість підкопування і підбору коренеплодів, %:			
- зібрано машиною	97,8	94,7	97,5
- втрати, всього	2,2	5,3	2,5
у тому числі:			
- невикопаних цілих коренеплодів	0,1	0,1	-
- невикопаних частин коренеплодів	1,4	4,5	-
- на поверхні ґрунту	0,5	0,5	-
- присипаних ґрунтом	0,2	0,2	-
Склад вороху зібраних коренеплодів, %:			
- коренеплоди	93,8	91,8	92,0
- домішки, всього	6,2	8,2	8,0
у тому числі:			
- вільного ґрунту	1,4	1,8	1,5
- налиплого ґрунту на коренеплодах	1,5	1,9	-
- рослинних решток, всього	3,3	4,5	3,5
у тому числі:			
- вільної гички та бур'янів	1,8	2,6	2,0
- залишків гички на головках коренеплодів	1,5	1,9	1,5
Пошкодження коренеплодів, %:			
- всього	10,1	20,7	15,0
у тому числі:			
- з зламанною хвостовою частиною	2,4	10,9	
- з ранами тіла	8,7	8,8	
- сильнопошкоджених	5,5	10,5	7,0

Результати агротехнічних показників якості виконання технологічного процесу порівняльних польових досліджень

модернізованої і базової коренезбиральної машини наведено у таблиці, при цьому показники якості роботи визначено відносно загальної маси кожної проби коренеплодів цикорію. Аналіз наведених показників якості викопування та підбирання коренеплодів цикорію показує, що модернізована машина дозволяє значно зменшити втрати та пошкодження коренеплодів цикорію порівняно з базовою.

При цьому загальні втрати коренеплодів, які викопуються комбінованим копачем знижуються в 2,4 раза відносно показника базового копача – 2,2 % у модернізованої машини проти 5,3 % у базової, що пояснюється застосуванням лапи розрихлювача, а також адекватно регламентує зниження у 3,2 раза кількості невикопаних (залишених у ґрунті) підземних частин коренеплодів цикорію – 4,5 % у базового копача проти 1,4 % у комбінованого копача.

Показники втрат коренеплодів, які визначаються, як кількість невикопаних цілих коренеплодів, залишених на поверхні ґрунту та присипаних ним у порівнювальних машин однакові та становлять, відповідно, 0,1 %, 0,5 % і 0,2 %.

Значне зниження загальної кількості пошкоджень коренеплодів цикорію (приблизно у 2 рази – 20,7 % у базового копача проти 10,1 % у комбінованого копача) також підтверджує технологічну доцільність його застосування та є суттєвим у плані подальшого удосконалення технологічного процесу збирання крихких коренеплодів, при цьому кількість коренеплодів із зламанною хвостовою частиною зменшується приблизно у 4,5 раза.

Показники якості за складом зібраного вороху коренеплодів цикорію під час їх збирання модернізованою та базовою коренезбиральними машинами суттєво не відрізняються та приблизно однакові. Незначне збільшення загальних домішок (на 2,0 %) у зібраному воросі коренеплодів цикорію та складових компонентів домішок (вільного та налиплого ґрунту на коренеплодах, залишків гички на головках коренеплодів – на 0,4 %, рослинних решток – на 1,2 %, вільної гички та бур'янів – на 0,8 %) у базового копача відносно комбінованого копача є наслідком меншої загальної маси зібраних коренеплодів кожної окремої проби, або більшими, порівняно з комбінованим копачем, загальними втратами коренеплодів цикорію. На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що використання комбінованого копача з обґрунтованими його конструктивно-кінематичними параметрами забезпечує значне підвищення ефективності процесу збирання коренеплодів цикорію і є перспективним напрямком для подальшого удосконалення процесу збирання крихких коренеплодів.

Перелік посилань

1. Барановський В.М., Скальський О.Ю., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А., Паньків В.Р. Патент на корисну модель № 108265

Україна, МПК А01D 25/04. Комбінований копач коренеплодів цикорію. Заявник і патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. № u201600390; заявлено 18.01.2016; опубліковано 11.07.2016. Бюл. № 13/2016.

УДК 631.363.285

ШНЕКОВИЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ФІЛЬТРАТУ ІЗ ЗЕРНОВОЇ БАРДИ

Фльонц І.В., кандидат технічних наук, доцент (flonc_igor@ukr.net),
Леськів М.С.

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани*

Зернова барда цінний побічний продукт спиртової галузі, оскільки саме в ній залишається весь білок зерна після того, як крохмалисті компоненти перероблені на етанол. У сільському господарстві багатьох країн широко застосовуються продукти на основі барди, що містять протеїн, легко перетравні вуглеводи, вітаміни, мікро- і макроелементи. З ростом обсягів виробництва етилового спирту, в тому числі збільшується частка його застосування в якості біопалива. Але на спиртових заводах нашої країни переважно недостатньо відповідного обладнання для переробки і утилізації зернової барди і значна її кількість просто виливається на поля.

В даний час існує декілька широко поширених напрямків переробки зернової барди. Вони базуються на принципах, показаних на рис. 1 [1].



Рис. 1. Основні напрямки переробки зернової барди.

Однак існуючі технології потребують значних енергетичних і матеріальних затрат. Тому метою даної роботи є створення конструкції шнекового сепаратора для видалення фільтрату із зернової барди (рис. 2), яка повинна бути простою у виготовленні і легкою в обслуговуванні.

Принцип роботи показаний на рис. 2 і полягає в наступному. Крутний момент передається від електродвигуна через пасову передачу на шків 2, який жорстко закріплений на валу 1. Далі крутний момент подається на шнек попереднього віджимання 3, з'єднувальну муфту 5,

шнек остаточного віджимання 4 і вал 6, які жорстко з'єднані між собою і вільно обертаються на підшипникових вузлах 12, 13. Зернова барда дозовано подається у лійку 15, звідки попадає на лопаті шнека 3 і просувається ними далі по зоні А. Внаслідок того, що площа поперечного січення на виході із з'єднувальної муфти 5 значно менша від площі поперечного січення у міжвитковому просторі, тиск у цій камері зростає, це створює сприятливі умови для видалення фільтрату барди через отвори 8. Далі вона стікає у місткість для фільтрату попереднього віджимання 16. Проходячи крізь отвір між з'єднувальною муфтою 5 і з'єднувальним циліндром 14 спресована тверда фракція у вигляді кільця подається на шнек 4 у зону Б, як це показано на рис. 2. У порожнину під тиском від місткості 16 за допомогою відцентрового насоса (на рисунку не показано) через отвори фігурних вставок з отворами з'єднувальної муфти 14 подається фільтрат барди. Таким чином рідка фракція барди після попереднього віджимання повторно проходить крізь спресовану тверду фракцію барди до отворів 10. Тверда фракція у зоні Б служить фільтрувальним елементом, який затримує у собі тверді рештки з фільтрату барди після попереднього віджимання. Далі тверда фракція видаляється через патрубок для фільтрату остаточного віджимання 19, а фільтрат із зона Б видаляється назовні через отвори 10.

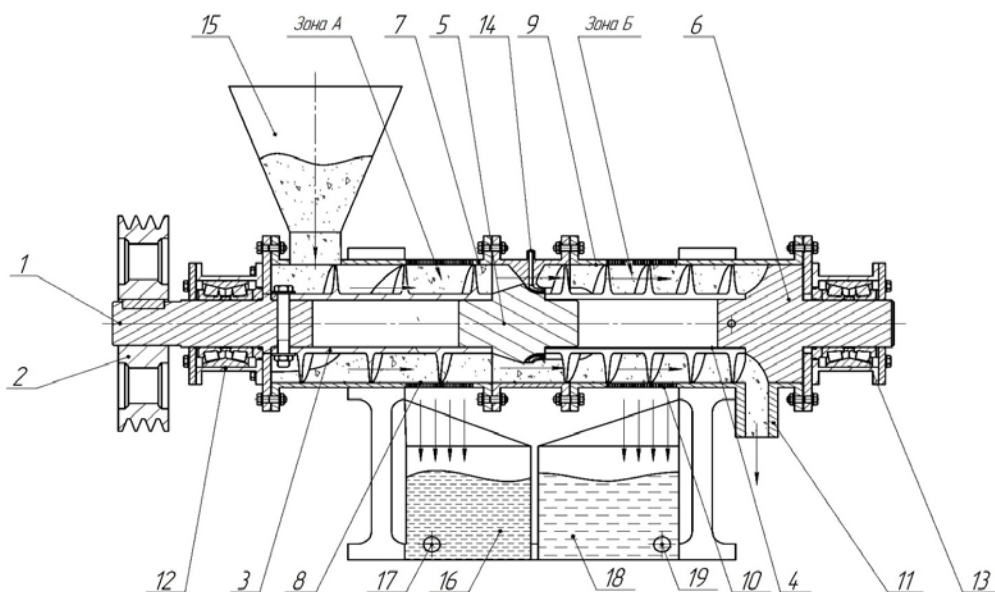


Рис. 2. Шнековий сепаратор для видалення фільтрату із зернової барди: 1 – привідний вал; 2 – шків; 3 – шнек попереднього віджимання; 4 – шнек остаточного віджимання; 5 – з'єднувальна муфта; 6 – вал; 7 – циліндр попереднього віджимання; 8, 10 – отвори для видалення фільтрату; 9 – циліндр остаточного віджимання; 11 – патрубок для видалення твердої фракції барди; 12, 13 – підшипникові вузли; 14 – з'єднувальний циліндр з фігурною вставкою з отвором для подачі фільтрату барди після попереднього вижимання; 15 – лійка для подачі барди; 16 – місткість для фільтрату попереднього віджимання; 17 – патрубок для фільтрату попереднього віджимання; 18 – місткість для фільтрату остаточного віджимання; 19 – патрубок для фільтрату остаточного віджимання.

Проведені попередні енергетичні розрахунки показують, що для продуктивності 500 кг/год. зернової барди необхідна потужність становить 18,6 кВт/год. Крім цього, змодельований лабораторний процес показав, що завдяки повторній фільтрації під тиском крізь віджату фракцію барди вдалось зменшити вміст сухих речовин у фільтраті з 4,2 % СР до 1,8 % СР.

Перелік посилань

1. Umyskyi S.M. Not-waste technology of post-spirituous bard recycling. Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки. Одеса. Вип. 78. 2015. С. 84–92.

2. Андросов А.Л. Промышленные технологии переработки послеспиртовой барды. Вестник ТГТУ. 2010. № 16. С. 954. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennye-tehnologii-pererabotki-poslespirtovoy-bardy>. (дата звернення: 01.04.2018).

УДК 631.362:53

**ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ПРОСІЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ
НА ВІБРОРЕШЕТАХ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН**

Харченко С.О., кандидат технічних наук, доцент
(kharchenko_mtf@ukr.net)

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків*

Збільшення виробництва зерна в Україні до 80 млн. т. [1], підготовка необхідного обсягу якісного насіння зернових до 4 млн. т. залежить від ефективності технологічних процесів зерноочисних машин, серед яких решітні вібраційні сепаратори є найпоширенішими. Такі обсяги виробництва зерна потребують більше 50 тис. од. зерноочисних машин, при їх фактичній наявності на сьогодні близько 50% [1]. При цьому більшість з цих машин відпрацювала амортизаційні строки. Визначальними в технологічних цих машин є процеси просіювання (ПП) зернових сумішей (ЗС) через отвори віброрешіт.

Продуктивність зернових решітних сепараторів знижена на коефіцієнт еквівалентної продуктивності: 0,55...0,7 – при розділенні ЗС гречки; 0,8...0,9 – гороху; 0,6...0,9 – соняшнику та кукурудзи, порівняно з пшеницею. Це пояснюється особливістю форм насіння та їх відмінністю з отворами решета, що підтверджує потенціальну можливість підвищення ефективності ПП ЗС через отвори віброрешіт за прийнятим новим науковим напрямом їх інтенсифікації.

Таким чином, решітне просіювання ЗС гречки, кукурудзи та зернобобових культур на серійних вібраційних сепараторах вивчене недостатньо та не в повній мірі задовольняє зростаючі вимоги виробництва, потребує відповідних наукових та технічних рішень.

Метою роботи є підвищення ефективності післязбиральної обробки зерна шляхом розробки наукових основ і процесів інтенсифікації віброрешітного просіювання ЗС, створення на базі одержаних наукових положень нових методів і засобів інтенсифікації процесів, обґрунтування ефективних параметрів активаторів просіювання.

Для вирішення проблеми, що сформована у меті, пропонується використати систему нових поглядів – концепцію, що утворена новими концептуальними рішеннями [2, 3]. Так, на підставі методів механіки суцільних середовищ побудовані математичні моделі, за допомогою яких досліджені основні динамічні і кінематичні характеристики руху псевдозрідженого зернового шару по нахиленому плоскому віброрешету, яке здійснює гармонійні коливання в своїй площині. Динаміка ЗС моделюється як рух псевдорідини, яка містить бульбашки газоподібного середовища та представляє собою бульбашкове псевдозріджене середовище (БПС). Динаміка БПС по нахиленому віброрешету моделюється як рух в'язкої нестискаємої рідини, швидкість якої задовільняє нелінійним рівнянням Нав'є – Стокса. Другим концептом стало розгляд у моделюванні віброрешета, як періодичної структури з періодом, що визначається розташуванням отворів та їх формою. Решето змодельовано з базових комірок, які містять задані отвори. Періодична структура (віброрешето) утворюється трансляцією базової комірки (рис. 1) уздовж вісей поверхні решета. Це вперше дозволило дослідити вплив параметрів отворів, наявних активаторів просіювання на ефективність ПП ЗС.

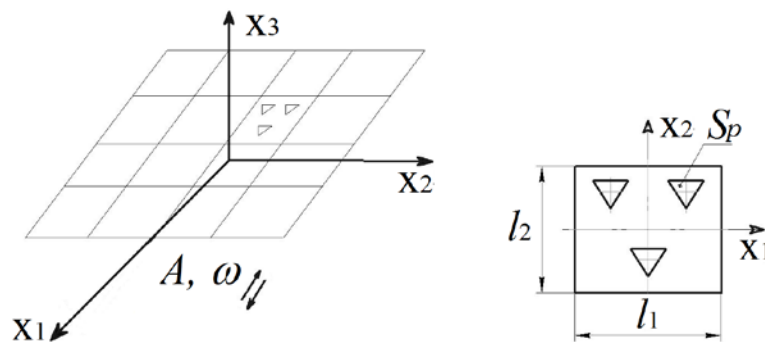


Рис. 1. Схеми структурного віброрешета і його базової комірки.

Для побудови розв'язку початково-крайового завдання, що моделює динаміку БПС, розроблено відповідний алгоритм, який включає наступні етапи:

- вихідні основні рівняння, крайові та початкові умови;
- представлення розв'язку рівнянь у вигляді рядів Фур'є за базисними функціями з невідомими коефіцієнтами;
- одержання рівнянь для невідомих коефіцієнтів;

- використання до рівнянь перетворення Лапласа за часовою змінною і одержання звичайних диференційованих рівнянь (другого порядку);

- одержання рівнянь у явному вигляді (аналітичній формі);

- встановлення кінцевих виразів поля швидкості БПС шляхом використання перетворення зворотнього до перетворення Лапласа і метода лишок;

- чисельний розрахунок динаміки БПС.

Кінцеві рівняння отримані розв'язкам моделей, з урахуванням припущень і спрощень мають вигляд [4]:

– надлишковий тиск:

$$P = \rho g \cos \theta (h - x_3) - \frac{2V_0 \rho \nu}{l_1 l_2} \left[\sum_{n \neq 0} \frac{B_{0n} \operatorname{sh}(\gamma_{0n}(h - x_3))}{A_{0n}} e^{\frac{i2\pi n}{l_1} x_1} + \sum_{m \neq 0} \frac{B_{m0} \operatorname{sh}(\gamma_{m0}(h - x_3))}{A_{m0}} e^{\frac{i2\pi m}{l_2} x_2} + \sum_{n \neq 0} \sum_{m \neq 0} \frac{B_{mn} \operatorname{sh}(\gamma_{mn}(h - x_3))}{A_{mn}} e^{i2\pi \left(\frac{n}{l_1} x_1 + \frac{m}{l_2} x_2 \right)} \right], \quad (1)$$

– компоненти поля швидкості $\vec{V} = V_1 \vec{e}_1 + V_2 \vec{e}_2 + V_3 \vec{e}_3$:

$$V_1 = \frac{g \sin \theta}{2\nu} [h^2 - (h - x_3)^2] + A \omega \operatorname{Re} \left[\frac{\operatorname{ch}(\sqrt{i\omega/\nu})(h - x_3)}{\operatorname{ch}(\sqrt{i\omega/\nu}h)} e^{i\omega t} \right] - \frac{i8\pi V_0 (h - x_3)}{l_1^2 l_2} \sum_{n \neq 0} \sum_{m \neq 0} \frac{n B_{mn} \operatorname{ch}(\gamma_{mn}(h - x_3))}{A_{mn}} e^{i2\pi \left(\frac{n}{l_1} x_1 + \frac{m}{l_2} x_2 \right)}, \quad (2)$$

$$V_2 = -\frac{i8\pi V_0 (h - x_3)}{l_1 l_2^2} \sum_{n \neq 0} \sum_{m \neq 0} \frac{m B_{mn} \operatorname{ch}(\gamma_{mn}(h - x_3))}{A_{mn}} e^{i2\pi \left(\frac{n}{l_1} x_1 + \frac{m}{l_2} x_2 \right)}, \quad (3)$$

$$V_3 = -\frac{V_0}{l_1 l_2} \sum_n \sum_m \frac{B_{mn} [(h - x_3) \gamma_{mn} \operatorname{sh}(\gamma_{mn}(h - x_3)) - \operatorname{ch}(\gamma_{mn}(h - x_3))]}{A_{mn}} e^{i2\pi \left(\frac{n}{l_1} x_1 + \frac{m}{l_2} x_2 \right)}, \quad (4)$$

де $A_{mn} = h \gamma_{mn} \operatorname{sh}(\gamma_{mn} h) - \operatorname{ch}(\gamma_{mn} h)$; $\gamma_{mn} = 2\pi \sqrt{(n^2/l_1^2) + (m^2/l_2^2)}$, $\rho = \bar{\rho}(1 - \delta_p) + \rho_p \delta_p$, де $\bar{\rho}$ – щільність газоподібного середовища бульбашок; δ_p – об'ємна концентрація твердих частинок БПС; $\nu = \mu/\rho$ – усереднений ефективний коефіцієнт кінематичної в'язкості БПС; ефективний коефіцієнт динамічної в'язкості БПС μ ; амплітуда A і частота ω коливань; V_0 – середня швидкість проходження БПС через отвори решіт; h – товщина шару БПС; θ – кут нахилу решета до горизонту.

З одержаних кінцевих рівнянь видно, що функціональна залежність від зміни координат надлишкового тиску і компонент поля швидкості визначається коефіцієнтами B_{mn} , які в свою чергу суттєво залежать від взаємного розташування та геометричних параметрів отворів віброрешета. Прийнято рівняння, які характеризують геометрію отворів віброрешіт, з формою кола, три або п'ятипелюстковими епіциклоїдами, трикутника, прямокутника (рис. 2).

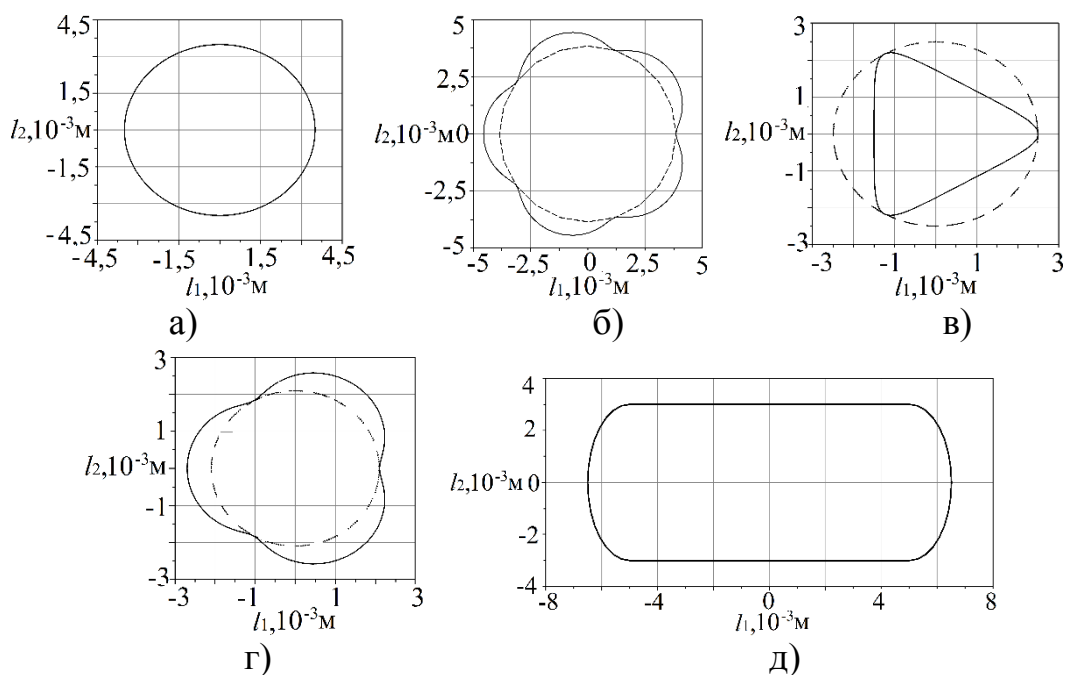


Рис. 5. Геометрія отворів віброрешіт: а – круглі ($R_0=0,0035 \text{ м}$; $k=0$); б – з п'ятипелюстковими епіциклоїдними активаторами ($R_0=0,0035 \text{ м}$; $k=5$); в – трикутні ($R_0=0,003 \text{ м}$; $k=3$); г – з трипелюстковими епіциклоїдними активаторами А ($R_0=0,0018 \text{ м}$; $k=3$); д – з прямокутними об'ємними активаторами ($R_s=0,016 \text{ м}$, $r_m=0,005 \text{ м}$).

В результаті моделювання отримані поля швидкості ЗС (V_1, V_2, V_3) на серійних та розроблених решетах з активаторами для різних кінематичних режимів і завантажень. Встановлено, що компоненти швидкості БПС є періодичними функціями просторових змінних у площині структурного віброрешета, а їх величини визначаються коефіцієнтами, які залежать від взаємного розташування і геометричних параметрів отворів віброрешета.

Використання решіт з активаторами дозволило підвищити вертикальні складові швидкості ЗС, а відповідно і їх просіювання на 15,5...58,2%, у порівнянні з базовими решетами [5].

Розроблене математичне моделювання також дозволило визначити діапазони загальної продуктивності, яка у порівнянні з базовими решетами підвищена внаслідок використання розроблених решіт з активаторами на 25...92,3% [5].

Висновки. У роботі наведено теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової проблеми, що виявляється в розроблених наукових основах інтенсифікації ПП ЗС на базі гідродинаміки БПС, урахування неоднорідності шару ЗС та періодичності структури решета, його параметрів отворів. Це дозволило створити віброрешета з різними типами активаторів, підвищити продуктивність і якість просіювання ЗС вібраційними сепараторами.

Перелік посилань

1. Програма “Зерно України – 2015”. Київ. ДІА. 2011. 48 с.

2. Тищенко Л.Н., Харченко С.А. Идентификация скорости прохождения частиц зерновой смеси через отверстия решет вибрационных зерновых сепараторов. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Харків. 2016. № 2/7(80). С. 63–70.

3. Харченко С.А., Тищенко Л.Н. Алгоритм расчета эффективного коэффициента динамической вязкости пузырьковой псевдожидкости, моделирующей сепарируемую зерновую смесь. Вібрації в техніці та технологіях. 2013. №2 (70). С. 64–72.

4. Kharchenko S.O. Intensification of grain sifting on flat sieves of vibration grain separators. Kharkiv. Діка+. 2017. 220 p.

5. Тищенко Л.Н., Харченко С.А. Инновационные решения повышения эффективности виброрешетной просеваемости зерновых смесей. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця. ВНАУ. 2016. №2 (82). С. 116–124.

УДК 631.363

ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗАПОВНЕННЯ ПРОСТОРУ ШНЕКА ПРИ ЗМІШУВАННІ

Хмельовський В.С., кандидат технічних наук, доцент
(hmelvas@online.ua), **Овчар Р.Ф.**, кандидат фізико-математичних наук,
доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

При створенні типорозмірного ряду мобільних кормоприготувальних агрегатів (МКПА), потрібно обґрунтувати параметри бункера. Одним із параметрів, що впливають на форму бункера є кут α встановлення стінки (по відношенню до вертикальної осі МКПА), по якій кормові компоненти рухаються до нижньої основи бункера та заповнюють простір шнека.

Для подальшого проектування розглянемо процеси, які проходять у МКПА в період роботи. Кормові компоненти, які подають в бункер МКПА, мають різні фізико-механічні властивості, а згідно зоотехнічних вимог, кормова суміш повинна мати високу рівномірність змішування та величину часток наближену до розмірів 15–20 мм. Розглянемо рух кормових компонентів в середині бункера, враховуючи форму останнього, та зони, які утворюються в процесі приготування кормової суміші. При сталому русі кормових компонентів в середині бункера МКПА, відбуваються процеси подрібнення та змішування кормових компонентів. При цьому, процес подрібнення відбувається при переході з розширеної зони до звуженої, а змішування вимагає збільшення простору, а також потрібно забезпечити роботу МКПА без застійних зон. Для визначення кінематичних елементів руху кормового матеріалу, скористаємось такими

передумовами. В процесі приготування кормової суміші відбувається безперервний рух кормового матеріалу по стінці кормоприготувального агрегату, а відповідно, сили які діють на рухомий шар будуть сталі.

На рис. 1. зображено похилу під кутом α до вертикалі стінку бункера, на якій розміщено шар кормової суміші. На нього діють наступні сили: тяжіння – mg , тертя – F , опору середовища P .

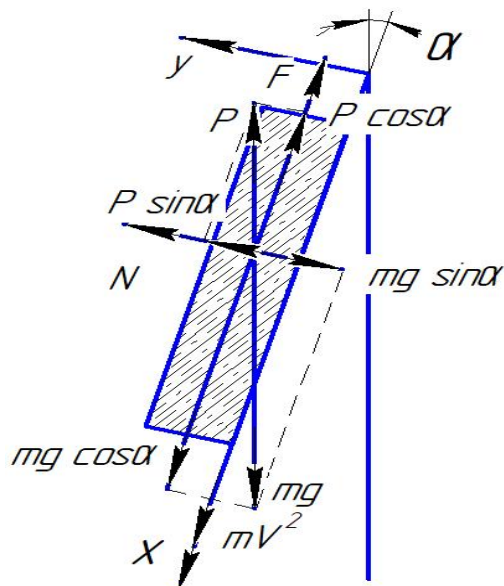


Рис. 1. Схема дії сил на шар корму, який розміщений на стінці бункера.

Сила опору середовища P виникає внаслідок тертя кормової суміші між собою при підніманні шнеком однієї частини та зсуву по стінці іншої.

$$\sum P_x = mg \cos \alpha - P \cos \alpha - F > 0, \quad (1)$$

$$\sum P_y = N + P \sin \alpha - mg \sin \alpha = 0. \quad (2)$$

В процесі приготування кормової суміші, за умов, що кут опуклості бокових стінок бункера становить 180° , важливим є унеможливлення створення корків на поверхні похилих стінок та забезпечення заповнення простору, який утворюється внаслідок забору кормового матеріалу витком шнека.

В нашому випадку, як і в більшості сільськогосподарських машинах, рух матеріалів по похилій площині, залежно від кута встановлення її до горизонту, відбувається завдяки силі тяжіння цього продукту.

$$m \frac{dS^2}{dt^2} = m \frac{dV}{dt} = mg \cos \alpha - f_2 mg \cos \alpha - f_1 mg \cos \alpha > 0, \quad (3)$$

де f – коефіцієнт тертя, $f = \tan \varphi$; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ; α – кут встановлення стінки бункера по відношенню до вертикальної осі МКПА.

Інтегруючи рівняння (3) при початкових умовах, $V = 0$, $S = 0$, $t = 0$, отримаємо шлях, який пройде кормовий матеріал:

$$S_{\max} = \frac{1}{2} g t^2 \cdot \cos \alpha \cdot (1 - f_2 - f_1), \quad (4)$$

і швидкість руху в кінці спуску

$$V = gt \cdot \cos \alpha \cdot (1 - f_2 - f_1). \quad (5)$$

Маючи у виразі максимального шляху складові кутів тертя матеріалу із поверхнею стінки (площини) та між кормовими компонентами, можна визначити максимально ефективну довжину стінки бункера.

УДК 631.331.85

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АПАРАТІВ ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ

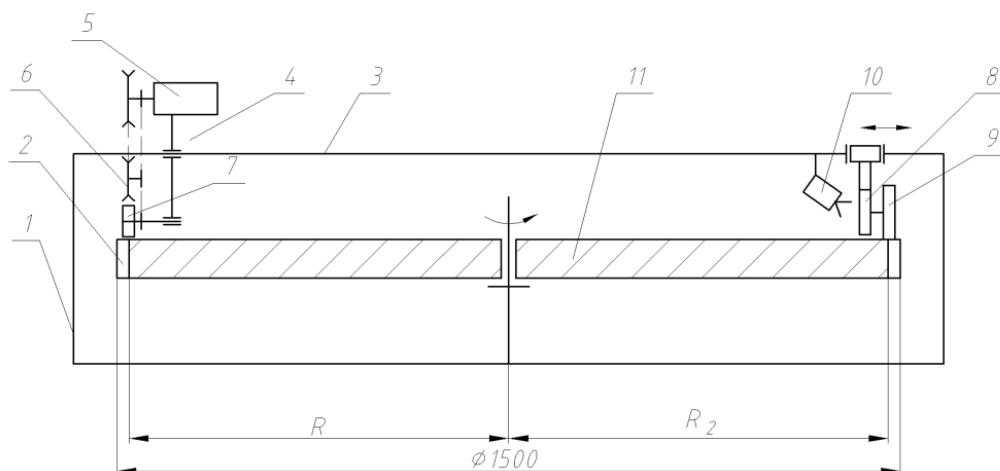
Чвартацький І.І., кандидат технічних наук, доцент (pklen_@i.ua)
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани

Для дослідження характеристик апаратів точного висіву існує ряд пропозицій і методів, як випробування в польових умовах так і стендові дослідження.

На рис. 1 представлено конструкцію стенду для дослідження характеристик апаратів точного висіву насіння в ґрунт.



а)



б)

Рис. 1. Стенд для дослідження якості посіву насіння: (а) і його кінематична схема (б)

До переваг розробленого стенду відноситься можливість імітації руху висівного апарату в широкому діапазоні швидкостей в польових умовах, а також зручність у проведенні експериментів, точності замірів і застосування відеокамери з комп'ютером для глибоких досліджень. Технічна характеристика стенду: $N_{\text{дв}} = 1,1 \text{ кВт}$; $n = 930 \text{ об/хв}$; $D_{\text{стенда}} = 1500 \text{ мм}$. Діапазон швидкості руху висівного апарату 0,5-4 м/с.

Таблиця 1. Параметри, які встановлюються і досліджуються в апаратах точного висіву насіння.

№ п/п	Культура	Кількість обертів диска, n , об/хв	Ширина міжряддя, см	Кількість насінин на 1 м	Швидкість сівалки, м/с	Відстань між насінинами, м
1	Горох	149	10	14	2,2	0,071
2	Кукурудза	25	70	2,86	2,2	0,35
3	Кормові буряки	87,5	15	9,37	2,2	0,1
4	Ріпак	161	7,5	15	2,2	0,067
5	Цукрові буряки (дражовані)	87,5	45	9	2,2	0,11

Порядок проведення експерименту:

1. Пересуванням рамки 4 по верхній балці 3 виставляли привідний ролик 7 на радіусі R , який забезпечує задану лінійну швидкість в зоні контакту привідного колеса 9 з поверхнею поворотного стола на радіусі R_2 .

2. Виставляли та закріплювали відеокамеру 10 таким чином, щоб в її полі зору знаходилися зона виходу насінини з апарату видачі насіння і поверхня поворотного стола, на яку випадає насінина.

3. Підіймали апарат видачі насіння 8 так, щоб привідне колесо не доторкалось до поверхні поворотного стола 2.

4. Включали електропровід і відеокамеру.

5. Опускали апарат видачі насіння на поворотний стіл на час, за який стіл здійснює один оберт і відривали від стола.

6. Виключали електропровід, при зупинці поворотного стола опускали апарат видачі насіння.

7. Здійснювали заміри віддалей між насінинами та відхилення від концентричної риски.

Імітація за принципом “рухоме поле і нерухомий апарат” дає можливість відтворити польові умови в лабораторії. Нерівність поверхні поля імітується закріпленням на поверхні стола гумових виступів, на яких переміщувалось привідне колесо.

Перелік посилань

1. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. Сільськогосподарські машини. Основи розрахунку. Київ. Вища освіта. 2005. 564 с.

2. Деклараційний патент України № 17389. Стенд для дослідження характеристик апаратів точного висіву. Гевко Б.М., Чвартацький І.І., Білик С.Г. Заявлено 13.04.2006. Опубліковано 15.09.2006. Бюл. №9.

3. Гнатю П.М., Чвартацький І.І. Обґрунтування кінематичних параметрів стенда для дослідження характеристик механізмів неперервної подачі заготовок. Науковий вісник Тернопільського державного технічного університету. № 4. 2006. С. 99–102.

УДК 621.927.08

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ І ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ

Чвартацький І.І., кандидат технічних наук, доцент (pklen_@i.ua)

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани*

Чвартацький Р.І., кандидат технічних наук

«Івеко Україна», м. Бережани

Основою будь яких машин для подрібнення кормів для годівлі сільськогосподарських тварин, являється подрібнювальний апарат.

За даними професора Ревенка І.І., сьогодні у кормовиробництві поширені дискові і барабанні різальні апарати. Нами запропоновано третій варіант – конвеєрний різальний апарат, який має розширені технологічні можливості підвищеної продуктивності праці.

Установка для подрібнення і змішування кормів з конструкцією даного типу різального апарату (рис. 1) виконана у вигляді рами 1 на якій кріпляться всі механізми і робочі органи. В нижній частині установки на рамі 1 жорстко встановлено жолоб 2 в який встановлено гвинтовий робочий орган 3, з валом 4 з можливістю кругового провертання. З лівого краю установки на рамі жорстко встановлено електродвигун 5 з муфтою (на кресленні не показано), яка з'єднує приводний вал двигуна з валом 4.

Над жолобом 2 з лівої сторони встановлено ланцюговий багаторядний подрібнюючий конвеєр 6 з ведучим 7 і веденим зубчатими шківками 8, в яких до ланок ланцюгів через крок жорстко закріплені окремі подрібнюючі ножі 9 довжиною рівною ширині конвеєра з можливістю згинання при їх русі по шківках 7 і 8. Встановлення подрібнюючих ножів 9 через крок забезпечить вільне просипання подрібнюючого корму в жолоб 2. Рівномірно по довжині сусідніх ножів 9 в шахматному порядку виконані півкруглі ріжучі конічні елементи 10 з наскрізними вікнами 11, які нахилені в сторону руху ріжучих ножів 9. Крім цього на опорній стінці

корпуса 12 подрібнюючого конвеєра в зоні подрібнення корму, яка встановлена співвісно до робочих ножів 9 конвеєра під кутом меншим від твірної рухомої ріжучої вітки конвеєра до горизонту. На шарнірах 13 знизу в зоні між рухомими і нерухомими ріжучими елементами ножі за допомогою регулювального механізму 14 встановлені аналогічні ріжучі конічні елементи 15 з наскрізними вікнами 11 в шахматному порядку з нахилом в протилежну сторону з можливістю двохстороннього подрібнення корму. При цьому між опорною стінкою 12 корпуса зони подрібнення корму і твірною рухомого подрібнюючого конвеєра 6 утворена умовна трапеція АВСД в якій верхня основа ВС є більшою ніжньої АД за умови збільшення ВС за допомогою регулювального механізму 14, який жорстко закріплений на задній стінці 16.

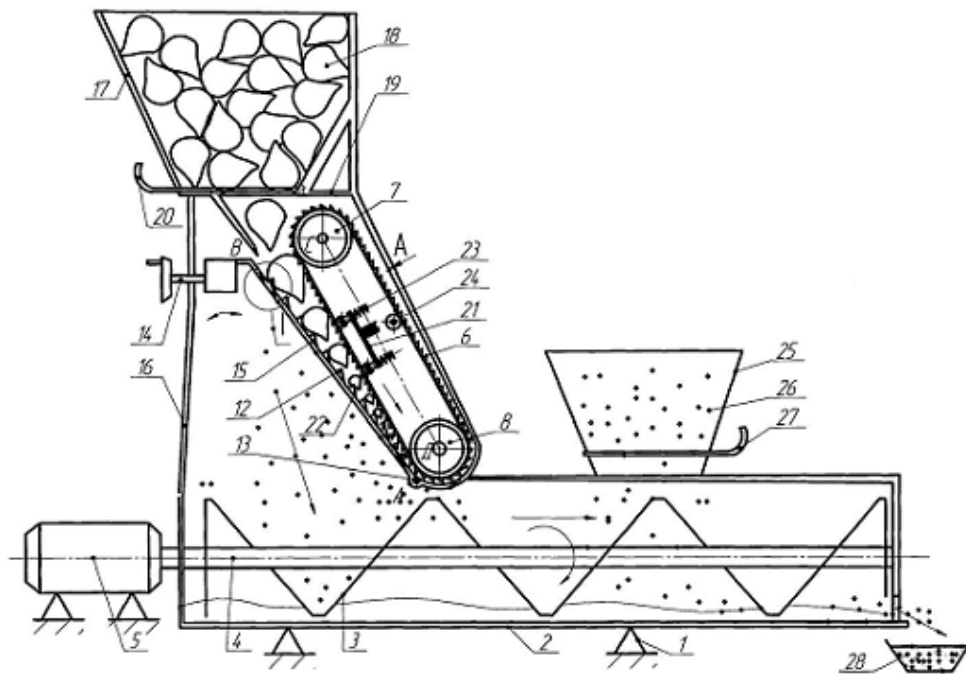


Рис. 1. Конструктивна схема установки для подрібнення і змішування кормів.

Крім цього бункер 17 з кормовими буряками 18 жорстко встановлено на корпусі 19 подрібнюючого конвеєра. Регулювання подачі кормових буряків 18 здійснюється шибером 20. Натягування ланцюгів 6 з подрібнюючи ми ножами 9 здійснюється з середини конвеєра за допомогою натяжного пристрою 21 з роликами 22 і пружинами 23. Крім цього протилежна вітка ланцюгового конвеєра 6 підтримується від прогину роликом 24 відомої конструкції.

Крім цього для вільної подачі подрібнюючого корму з зони подрібнення здійснюється через вікно в нижній частині корпуса 12, яке на кресленні не показано.

Загальний вигляд установки зображено на рис. 2.



Рис. 2. Загальний вигляд установки.

Робота установки для подрібнення і змішування корму здійснюється наступним чином. Кормові буряки з бункера під власною вагою поступають в зону подрібнення при відповідному положенні шибера. Включається електродвигун і за допомогою рукоятки виставляють у відповідне положення опорну стінку корпусу в залежності від розмірів буряків і при роботі подрібнюючого конвеєра здійснюється їх подрібнення, маса яких поступає у жолоб куди поступає сипкий корм з бункера і за допомогою шнека змішується і поступає в ємність де його відповідно використовують.

Перелік посилань

1. Ревенко І.І., Манько В.М., Кравчук В.І. Машиновикористання у тваринництві. Київ. Урожай. 1999. 208 с.

2. Патент 55150 Україна МПК В02С18/00 (2009). Установка для подрібнення і змішування корму. Чвартацький Р.І., Чвартацький І.І., Гевко І.Б., Івасечко Р.Р., Стойко І.І. заявник і патентовласник Чвартацький Р.І., Чвартацький І.І., Гевко І.Б., Івасечко Р.Р., Стойко І.І. № u201005417; заявл. 05.05.2010, опубл. 10.12.2010. Бюл. №23.

3. Патент 65907 Україна МПК В 65 G 33/00 (2006) Стенд для дослідження навантажувальної здатності гвинтового робочого органа. Гевко Ів.Б., Чвартацький Р.І., заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. №u200712075, заявл. 01.11.2007, опубл. 25.02.2008. Бюл. №4.

4. Ревенко І.І., Кукта Г.М., Манько В.М. Механізація виробництва продукції тваринництва. Київ. Урожай. 1994. 264 с.

УДК 539.16. 047: 574

**ІНФОРМАЦІЙНО-ХВИЛЬОВИЙ ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ
ХВИЛЬ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ НЕТЕПЛОВОЇ
ІНТЕНСИВНОСТІ НА БІОБ'ЄКТИ**

Човнюк Ю.В., кандидат технічних наук, доцент, **Гуменюк Ю.О.**,

кандидат технічних наук, доцент (ugmsg@ukr.net)

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ*

Експериментально доведено, що електромагнітні випромінювання надзвичайновисокочастотного (НЗВЧ) діапазону нетеплової інтенсивності здатне впливати на живу матерію, при чому на представників цієї матерії, які різним чином структурно організовані. Завдяки цьому впливу водночас дається старт різноманітним механізмам, які здатні викликати зміну функціонування вказаних структурних організацій живої матерії. Зокрема: регулюється іонний транспорт через мембрани клітин; виникають резонансні в певній смузі частот поглинання енергії надзвичайновисокочастотного електромагнітного випромінювання, при цьому дані поглинання не викликають температурних змін у живій матерії, оскільки мають нетеплову інтенсивність (мають малу енергію і малу потужність впливу). Тому сучасний науковий погляд на подібні явища зводиться до так званого інформаційного впливу НЗВЧ ЕМВ. Завдяки цьому впливу в середині живої матерії можуть виникати синхронні (узгоджені) коливання (по амплітуді і частоті) цілих угруповань (кластерів) клітин. Ця ситуація підсилює резонансні ефекти, які які виникають в живій матерії і до того ж виникає синфазність цих коливань. Це, в свою чергу, призводить до можливості виникнення далекодії впливу НЗВЧ ЕМВ і інформація без затухань передається від кластера до організму в цілому.

Слід зазначити, що ефективно інформаційний вплив здійснюється на ті живі біоб'єкти розміри яких співвимірні з довжиною хвилі НЗВЧ (приблизно 50...60 ГГц), хвилі більшої довжини не справляють ефекту, меншої – руйнують (рентген). На нашу думку результатом інформаційного впливу НЗВЧ ЕМВ можуть бути ефекти, які знаходяться на наноструктурному рівні організації живої матерії (10^{-9} м), що призводить, що призводить до стимуляції і підсилення росту клітин живої матерії без хімії і ГМО, підвищення репродуктивної функції клітин живої матерії, стійкість проти хвороб. Ефект – урожайність навіть елітних сортів зерна можна підвищити на 10–15%.

Перелік посилань

1. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. Москва. Наука. 1968. 288 с.

2. Кудряшов Ю.Б., Исмаилов Э.Ш., Зубкова С.М. Биофизические основы действия микроволн. Москва. Изд-во МГУ. 1980. 160 с.

3. Девятков Н.Д., Голант М.Б., Тагер А.С. Роль синхронизации в воздействии слабых электромагнитных сигналов миллиметрового диапазона волн на живые организмы. Биофизика. 1983. Т.28. Вып. 5. С. 895–896.

4. Эйди У.Р. Частотные и энергетические окна при воздействии слабых электромагнитных полей на живую ткань. ТИИЭР. 1980. Т. 68. №1. С. 140–148.

5. Майкельсон С.М. Биологические эффекты СВЧ-излучения: обзор. ТИИЭР. 1980. Т. 68. №1. С. 49–60.

УДК 621.9.048

ІНФРАЧЕРВОНЕ ПІДВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД СУШІННЯ ОЛІЄВМІСНОЇ СИРОВИНИ

Бандура В.М., кандидат технічних наук, професор

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Останнім часом велика увага приділяється термообробці олієвмісної сировини за допомогою інфрачервоного енергопідведення. Такий метод є екологічно чистим, який значно інтенсифікує процеси кондиціонування зерна і підвищує його поживні властивості. Термообработка зерна ІЧ-опроміненням дозволяє швидко нагріти зерно.

Вважають, що глибина проникнення в продукт інфрачервоних променів тим більша, чим менша величина довжини хвилі випромінювання. Особливістю передачі тепла матеріалам, що нагріваються інфрачервоним випромінюванням, порівняно з конвективною передачею, є можливість створення у багато разів більшої щільності потоку тепла. Це дозволяє досягти значно більших швидкостей прогріву матеріалу.

Волога, що знаходиться в зерні або на його поверхні, починає переміщатися до його центру. Поверхневі шари зернівки завдяки високій температурі звільняються від вологи і спікаються, утворюючи щільну оболонку без пор і капілярів. Волога, перемістившись в центр зернівки, перетворюється в пару, градієнт загального тиску якого по мірі підвищення температури зернівки різко збільшується. При досягненні температури 140–160°C градієнт загального тиску пари настільки збільшується, що відбувається «вибух» зернівки і градієнт загального тиску релаксує. Перед цим об'єм зернівки збільшується приблизно в 1,5–2 рази, відбувається розтріскування, зниження міцності продукту, зміна біохімічних і фізико-технологічних показників. Щоб не допустити означених технологічних показників в процесі сушіння олієвмісної сировини необхідно провести дослідження та встановити оптимальні режими процесу.

До недоліків використання відомих ІЧ-випромінювачів (ТЕН, кварцова лампа та ін.) належать металоємність, інерційність, фіксовані геометричні розміри та висока температура робочих поверхонь. Саме це призводить до експлуатаційних ускладнень сушарного устаткування та нерівномірності нагріву олієвмісного матеріалу. Причиною цього є недостатня кількість досліджень, які пов'язані із взаємодією спектральних властивостей ІЧ-випромінювача і сировини, що висушується так і товщини шару зерна. З метою зменшення локального перегріву олієвмісного зерна запропоновано проводити процес сушіння з ІЧ-енергопідведенням у вібраційних сушарках.

Запропонована віброконвеєрна сушарка з інфрачервоним опромінюванням продукції являє собою поєднання стрічкового транспортера та вібраційної технологічної машини з комбінованим кінематичним способом генерації коливань, створюючи умови для безперервної обробки продукції, забезпечення її зваженого стану та зменшення коливних мас віброприводу. Розпушення маси продукції під дією знакозмінних навантажень призводить як до зменшення внутрішнього тертя та в'язкості у технологічному середовищі, так і до забезпечення рівномірної теплової обробки сипкої продукції.

УДК 633.853.494:581.48

ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ РІПАКУ СОРТУ ВІННИЧАНКА

Бандура В.М., кандидат технічних наук, професор,

Ярмоленко О.С., студент

Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця

Насіння ріпаку як об'єкт дослідження являє собою складну систему, що відрізняється значною неоднорідністю за цілим рядом характеристик (ефективний діаметр насінин, маса 1000 зерен, тощо). Це зумовлено тим, що культура ріпаку має неоднакові умови для формування насінин (вони формуються у суцвітті, розташовані на різних ярусах рослин), а також неоднакову тривалість дозрівання. Тому при дослідженні фізико-механічних властивостей насіння ріпаку доцільно визначити його гранулометричний склад.

Мета наших досліджень – визначити вплив вологості на фізико-технологічні властивості насіння ріпаку сорту Вінничанка, що вирощується в Україні. Відповідно до Держстандарту 10583-76, при транспортуванні, розміщенні і зберіганні насіння ріпаку враховують такий стан за вологістю: сухе зерно – до 8 %; середньої сухості – понад 8 % до 10 %; вологе – понад 10 % до 12 % і сире – понад 12 %. Тому для експериментів були обрані такі значення вологості, при яких насіння

маса ріпаку є сухою, вологою і сирою (для останнього випадку узяті три значення вологості). Досліди проведено при температурі 14–15 °С. Насіння ріпаку сорту Вінничанка необхідної вологості одержували штучним зволоженням із наступним відлежуванням при температурі 5–10 °С протягом трьох діб. Для рівномірного розподілу вологи насінневу масу періодично перемішували. Результати дослідження фізико-технологічних властивостей насіння ріпаку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Вплив вологості на фізико-технологічні властивості насінневої маси ріпаку сорту Вінничанка

Показник	Вологість, %				
	6,0	10,5	16,0	20,0	24,4
Насипна щільність γ , кг/м ³	598	596	602	596	597
Маса 1000 насінин, г	3,71	3,72	3,76	3,9	4,25
Кут природного відкосу α	31°20′	30°54′	32°22′	33°38′	32°57′
$\text{tg } \alpha$	0,608	0,596	0,634	0,665	0,648
Коефіцієнт зовнішнього тертя руху	0,336	0,364	0,408	0,418	0,427
Щільність укладання, %	56,7	59,2	58,5	56,6	59,7
Шпаруватість, %	43,3	40,8	41,5	43,4	40,3
Середній діаметр насінин, мм	1,96	1,94	1,95	1,99	2,03

Зміст

Секція 6 **«Проблеми розвитку систем енергетики і автоматики (електроенергетичні системи, автоматика і робототехнічні системи, електротехнології)»**

1. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ Горобець В.Г.	3
2. СУЧАСНІ ЗАХОДИ НАДІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ СІЛЬСЬКИХ РАЙОНІВ Гребченко М.В.	5
3. НЕСИНУСОЇДНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ЛІНІЙНОЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ Жильцов А.В., Сорокін Д.С.	6
4. КЕРУВАННЯ ПАРАМЕТРАМИ І ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ АНАЕРОБНОГО БРОДІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЕРТОВОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ Заблудський М.М., Клендій П.Б., Вільчинський А.М.	8
5. СПОСІБ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КЕРУВАННЯ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИМИ АМОРТИЗАТОРАМИ У ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ Козирський В.В., Петренко А.В.	10
6. МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОГО ВЕНТИЛЬНОГО РЕАКТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА З КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ Козирський В.В., Подольцев О.Д., Трегуб М.І.	13
7. ГЕНЕРАЦІЇ ОЗОНУ В ІМПУЛЬСНОМУ БАР'ЄРНОМУ РОЗРЯДІ Кондратенко І.П., Божко І.В.	14
8. ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СТАНЦІЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В.	17
9. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ Лисенко В.П., Руденський А.А.	19

10. ОПТИЧНІ ЛІКУВАЛЬНІ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В БДЖІЛЬНИЦТВІ Кунденко М.П., Романченко М.А., Санін Ю.К.	21
11. СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ Никифорова Л.Є.	23
12. ЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ Ободович О.М., Сидоренко В.В.	25
13. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З ДЖЕРЕЛАМИ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В ЗАДАЧАХ ОЦІНКИ СТІЙКОСТІ Тугай Ю.І., Козирський В.В., Тютюнник Ф.О.	26
14. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН В СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ Червінський Л.С.	28
15. КОМУ ВИГІДНА "ЗЕЛЕНА ЕНЕРГЕТИКА"? Білик Б.Я., Білик Я.В.	29
16. ПІДСИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ РІВНЯ ЯКОСТІ ТОМАТІВ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ РЕСУРСАМИ В ПРОМИСЛОВІЙ ТЕПЛИЦІ Болбот І.М.	32
17. БАРАБАННИЙ ЕЛЕКТРОКОРОННИЙ СЕПАРАТОР ЗЕРНА Борщ Г.М.	33
18. ЕЛЕКТРИЧНІ ПРИСТРОЇ НА МАГНІТНО НЕ ЗВ'ЯЗАНИХ КІЛЬЦЕВИХ ОСЕРДЯХ Брагіда М.В.	34
19. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ Бровко К. Ю., Єгорова О. Ю, Кунденко О.М.	36
20. ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ПРИСТРОЇВ ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ Бунько В.Я.	37

21. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЗОНІ КОНТАКТУ ЕЛЕКТРОДА ЗІ ЗВАРНИМ З'ЄДНАННЯМ ПРИ ЙОГО ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНІЙ ОБРОБЦІ Васюк В.В., Жильцов А.В.	39
22. ОСОБЛИВОСТІ ВУЛКАНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА РІЗНИХ ТІЛАХ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ Відьмаченко А.П.	41
23. СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ Волошин С.М.	42
24. ТЕПЛОВА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВЕРТИКАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ З РІЗНИМИ ТИПАМИ ОБРЕБЛЕННЯ ПРИ ВІЛЬНІЙ КОНВЕКЦІЇ Горобець В.Г.	44
25. ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ШНЕКА ВІД ВОЛОГОСТІ ПАЛИВА ТА НЕОБХІДНОЇ ВИХІДНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕРНОСУШАРКИ Дудар О.П.	45
26. BACKWARD LAMB WAVES IN CdS CRYSTAL PLATE Il'in P.P.	47
27. IMPROVING THE MATHEMATICAL MODEL FOR CALCULATING THE MAGNETIC FIELD CHARACTERISTICS IN AN ELECTRIC MOTOR WITH SMOOTH STATOR Zhylytsov A., Lyktej V., Vasylenko M.	51
28. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ КАРКАСНОЇ ТЕПЛИЦІ Кашкарьов А.О.	52
29. АНАЛІЗ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ВІТРОВОЇ ТА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ Лисенко О.В.	54
30. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВОДОНАСОСНОЇ УСТАНОВКИ Клендій П.Б., Клендій Г.Я.	56
31. ФОТОАКТИВАЦІЯ ЖИВИЛЬНИХ РОЗЧИНІВ У СПОРУДАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ Книжка Т.С.	58

32. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ПОГОДИННОГО ПРОГНОЗУ ВИРОБІТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ФОТОЕЛЕКТРИЧНІЙ СТАНЦІЇ Комар В.О., Лежнюк П.Д., Дідіченко Є.С., Кравчук С.В.	59
33. КОНЦЕПЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НПС Кунденко М.П., Шинкаренко І.М., Бородай І.І.	62
34. ОБРОБКА НАСІННЯ КУКУРУДЗИ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ ВИСОКОЇ ТА НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ Лазарюк К.О., Чміль А.І.	64
35. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА НА ЭМБРИОН Левкин Д.А.	65
36. ОДНОФАЗНИЙ КОМПЕНСОВАНИЙ АСИНХРОННИЙ ДВИГУН Мархонь М.В., Чуєнко Р.М.	67
37. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ Масюк М.Ю.	68
38. ПОВЕРХНЕВІ ПЛІВКИ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТАХ Мрачковський А.М.	70
39. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСТІЙНИХ ВТРАТ В ТРАНСФОРМАТОРАХ СІЛЬСЬКИХ СПОЖИВЧИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ Наливайко В.А., Радько І.П.	71
40. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ Оберська Н.В.	73
41. ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В НУБІП УКРАЇНИ Окушко О.В., Антіпов Є.О.	75
42. ПЕРЕХІДНИЙ ОПІР ТА КОРОЗІЙНА СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ В ХІМІЧНО АКТИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ Панітовський Я.С., Коробський В.В.	76
43. МОДЕЛІ І МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬНІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 10 КВ Панов А.О., Тимчук С.О.	78

44. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОНТАКТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА Радько І.П., Наливайко В.А.	79
45. ВПЛИВ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА НАСІННЯ ОГІРКА Романенко О.І.	81
46. ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У МАГНІТНОМУ ПОЛІ Савченко В.В., Синявський О.Ю.	82
47. ДОСЛІДЖЕННЯ СНАББЕРНОГО ВУЗЛА ЕЛЕКТРОННОГО КЛЮЧА РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ Санченко О.В., Голодний І.М.	84
48. УКРАЇНСЬКА ЕНЕРГЕТИКА З ПОЗИЦІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА Скрипник А.В., Нам'ясенко Ю.О., Сабіщенко О.В.	84
49. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ Соломко Н.О., Олешко М.І.	87
50. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ З МЕТОЮ ЕКОНОМІЇ РЕСУРСІВ Степахно І.В., Гнучій Ю.Б., Дюженкова О.Ю.	89
51. ЕЛЕКТРОМЕХАТРОННА СИСТЕМА БЕЗТРАНСМІСІЙНОГО ВІТРОЕЛЕКТРИЧНОГО ГЕНЕРАТОРА З КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ Трегуб М.І., Василенко О.С.	91
52. СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ПТАШНИКА Троханяк В.І.	92
53. ВИКОРИСТАННЯ СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ В ЗЕРНОВІЙ ГАЛУЗІ Усенко С.М.	93
54. РОЗРОБЛЕННЯ ТИПОРЯДУ ПОЛІМЕРНИХ ВИСОКОТЕПЛОПРОВІДНИХ МІКРО-І НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПОВЕРХОНЬ Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шеренковський Ю.В., Навродська Р.О., Меранова Н.О.	95

55. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДОГРІЙНИХ І ПОВІТРОГРІЙНИХ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРІВ З ПОЛІМЕРНИХ МІКРО- І НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Прокопов В.Г., Шевчук С.І., Меранова Н.О., Пресіч Г.О., Гнедаш Г.О.	96
56. ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІКРИСТАЛІВ $\text{BiPO}_4:\text{Eu}^{3+}$ І $\text{BiPO}_4:\text{Pr}^{3+}$ Чорній В.П., Бойко В.В., Неділько С.Г., Тереміленко К.В., Слободяник М.С.	98
57. КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ МІКРОКРИСТАЛІЧНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ ТА ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ ОКСИДІВ: ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ Чорній В.П., Бойко В.В., Неділько С.Г., Щербаський В.П.	99
58. АСИНХРОННИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ Чуєнко Р.М.	100
59. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАТИВНОГО КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ТА КОМПОЗИЦІЙ НА ЙОГО ОСНОВІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СУХИХ ФОРМОВАНИХ БІОДОБРІВ Шеліманова О.В., Кремньов В.О., Ляшенко А.В., Коханенко М.С.	101
60. АПРОБАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА СУХОГО ГРАНУЛЯТА З НАТИВНОГО КУРЯЧОГО ПОСЛІДУ ПРИ СУМІСНОМУ СУШІННІ ТА ПОДРІБНЕННІ З ПОДАЛЬШИМ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗУ ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ Шеліманова О.В., Кремньов В.О., Ляшенко А.В., Коханенко М.С.	102
61. МОДЕЛЮВАННЯ ЗАДАЧ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ Щепотьєв О.І., Васюк В.В.	103
62. РОЛЬ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ВИРІШЕННІ ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ НАВКОЛЬШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВІД ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ Драганов Б.Х.	104

Секція 7 «Біоінженерія та новітні технології для сталого розвитку
(інженерія, нові матеріали та технології, деревообробні та
меблеві технології, транспортні технології, цивільний
інжиніринг)»

1. SCIENTIFIC PRECONDITIONS FOR IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF MOVEMENT OF REAPER UNIT Bulgakov V.M., Nadykto V.T., Ruzhylo Z.V., Ivanovs Semens, Pascuzzi Simone.	106
2. SYMMETRIC IMPACT OF VIBRATING DIGGING WORKING TOOL ON SUGAR BEET ROOT Beloev Hristo, Kangalov Plamen.	108
3. СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГИЧКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН Ігнат'єв Є.І.	110
4. CALCULATED MATHEMATICAL MODEL OF MOUNTED ASYMMETRIC MACHINE TRACTOR UNIT Bulgakov V.M., Nadykto V.T., Ruzhylo Z.V., Ivanovs Semens, Pascuzzi Simone.	112
5. RESEARCH OF TECHNICAL-OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF THE ARABLE UNIT, WORKING ON "PUSH-PULL" SYSTEM Bulgakov Volodymyr, Nadykto Volodymyr, Nesvidomin Viktor, Nowak Janysz, Nesvidomin Andriy.	115
6. THEORY OF MOVEMENT OF POTATO TUBERS ON THE SPIRAL SEPARATOR Bulgakov Volodymyr, Holovach Ivan, Arak Margus, Olt Jüri.	117
7. НАПРЯМИ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОЯКІСНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ Марченко Н.В., Новицький С.В., Зав'ялов Д.Л.	119
8. ІМПУЛЬСНИЙ РЕЖИМ СУШІННЯ ПАРКЕТНОЇ ФРИЗИ З ДЕРЕВИНИ ДУБА Пінчевська О.О., Борячинський В.В., Клемент І.	121
9. ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМОМОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ Пінчевська О.О., Горбачова О.Ю.	122
10. ВЛАСТИВОСТІ ПРЕСОВАНОГО МАТЕРІАЛУ З ЛІСОСІЧНИХ ВІДХОДІВ Пінчевська О.О., Лакида Ю. П., Седлячик Я.	123

11. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ПЕРЕРОБКОЮ СОЛОМИ НА ПЕЛЕТИ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ Смолінський С.В.	124
12. ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ ЗАХИЩЕНОЇ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ЗАСОБАМИ Цапко О.Ю., Цапко Ю.В., Тичино М.О.	125
13. МЕТОДИКА ОЦІНЕННЯ РИЗИКУ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ЗА УЧАСТІ ТРАКТОРІВ ПІСЛЯ ЇХ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ Войналович О.В., Мотрич М.М.	127
14. АНАЛІЗ ВІДМОВ І УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДШИПНИКОВИХ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ШАСІ ЛІСОВИХ МАШИН Чихалов О.Д., Банний О.О.	128
15. АНАЛІЗ ВІДМОВ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ Можарівський А.О., Банний О.О.	130
16. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ БАГАТОЕЛЕМЕНТНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ Антощенков Р.В.	132
17. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ КОЛІСНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ Артьомов М.П., Анікєєв О.І.	133
18. ПЕРСПЕКТИВНІ МЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ОТРИМАННЯ Афтанділянц Є.Г.	135
19. ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ РЕДИСКИ НА ВІБРОФРИКЦІЙНОМУ СЕПАРАТОРІ Бакум М.В., Михайлов А.Д., Козій О.Б., Крекот М.М.	137
20. АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ НА НАДІЙНІСТЬ Банний О.О.	138
21. ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ОЧИСНИКА Барановський В.М., Теслюк В.В., Онищенко В.Б.	141

22. МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ Білик С.Г.	143
23. DEVELOPMENT OF HYDRODEOXYGEN REACTOR FOR PRODUCTION OF HIGH-ENERGY BIOFUEL Kaletnik Grygorii.	145
24. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ ТА ПОСІВНИХ МАШИН Борак К.В., Дворук В.І.	147
25. МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ ДЕФОРМАЦІЇ РОЗТЯГУ (СТИСКУ) МАЛОВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ Буняк І.І.	149
26. АГЕНТНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ Волоха М.П.	151
27. ПЕРСПЕКТИВНІ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ЗАПИЛЕНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ НА ЗЕРНОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ Гаск Є.А.	152
28. ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ОПОРНИХ ВТУЛОК ШЕСТЕРЕНЧАСТОГО ГІДРОНАСОСА НШ-32 Гловин А.Л.	154
29. АГРОІНЖЕНЕРІЯ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ АГРОЕКОСИСТЕМ Голуб Г.А., Кухарець С.М.	156
30. ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ТИСКУ КОРЕНЕПЛОДІВ В БУНКЕРІ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА Грицай Ю.В.	160
31. ПІДТРИМКА ІННОВАЦІЙ В ДЕРЕВООБРОБНІЙ ГАЛУЗІ, ЯК ВАЖЛИВИЙ ЧИННИК СТАЛОГО РОЗВИТКУ Дейнеко Л.В., Кушніренко О.М.	162
32. ВИРОБНИЦТВО ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ В УМОВАХ АГРАРНОГО ГОСПОДАРСТВА Єременко О.І.	164
33. МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСТУПУ УКРАЇНСЬКИХ КОМПАНІЙ ДО СВІТОВОГО РИНКУ ІНЖИНІРИНГОВИХ ПОСЛУГ Шелудько Е.І.	166

34. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОГО І РУЧНОГО КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМОМ ПОВОРОТУ СТРІЛОВОГО КРАНА Кадикало І.О., Ловейкін В.С.	169
35. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНИХ НАПРУЖЕНЬ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ В ШАРНІРНИХ ЕЛЕМЕНТАХ РОБОЧОГО ОРГАНУ ГНУЧКОГО ГВИНТОВОГО КОНВЕЄРА Клендій М.Б., Клендій О.М.	171
36. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ГАЗОВИМИ ДВЗ З ПРИМУСОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ, КОНВЕРТОВАНИМИ НА БАЗІ ШТАТНИХ ДИЗЕЛІВ ДЛЯ РОБОТИ НА ЗРІДЖЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ Ковальов С.О.	174
37. КРИТЕРІЇ ПОВОРОТУ ТРАКТОРА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ Колеснік І.В.	176
38. ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ШИРОКОКОЛЕЙНЫХ АГРОСРЕДСТВ Кувачев В.П.	178
39. НОВА МЕТОДИКА КОМПЛЕКТУВАННЯ ТЯГОВО-ПРИВОДНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ З ТРАКТОРАМИ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ Кюрчев В.М., Кувачев В.П.	180
40. МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О.	183
41. ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ БІОМІНЕРАЛІЗОВАНОГО ПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ Логуш І.В., Кирик О.М.	184
42. ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ ЯК ОБ'ЄДНУЮЧИЙ ПРОЦЕС ГАЛУЗІ РОСЛИННИЦТВА ТА ТВАРИННИЦТВА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЕКОЛОГІЧНО-БЕЗПЕЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ Марус О.А., Голуб Г.А.	187
43. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СТАЛЕЙ В АБРАЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ Матвійшин П.В.	188

44. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО КЛАСУ ТРАКТОРА Мельник В.І.	190
45. СІВАЛКА ДЛЯ СУМІСНИХ ПОСІВІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР Мельник В.І., Пастухов В.І., Бакум М.В., Крохмаль Д.В.	191
46. АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БОЛТОВОГО З'ЄДНАННЯ СІЛЬГОСПТЕХНІКИ Михайлович Я.М., Рубець А.М.	193
47. DEVELOPMENT OF VIBRATING MILL WITH ANGULAR OSCILLATIONS FOR MANUFACTURING OF MINERAL FERTILIZERS Yanovich Vitali.	195
48. ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ЯКОСТІ ПОСІВУ Морозов І.В., Морозов В.І.	197
49. НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ АГРЕГАТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ШИРОКОКОЛЕЙНЫХ АГРОСРЕДСТВ ДЛЯ КОЛЕЙНОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ Надыкто В.Т., Кувачев В.П.	198
50. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОВЗАННЯ ЧАСТИНКИ ПО РУХОМИХ ШОРСТКИХ ПОВЕРХНЯХ Несвідомін В.М.	200
51. ІНВЕРСІЯ ТОРА, ВІДНЕСЕНОГО ДО ІЗОМЕТРИЧНОЇ СІТКИ КООРДИНАТНИХ ЛІНІЙ Несвідоміна О.В., Пилипака С.Ф.	201
52. РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ВИСІВНІ КОМПЛЕКСИ Попик П.С.	203
53. ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МОЛОТКІВ КОРМОДРОБАРОК Похиленко Г.М.	205
54. ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА Войтюк В.Д.	206
55. НЕДОЛІКИ ТЕХНОЛОГІЇ ШВИДКІСНОЇ СТРИЖКИ ОВЕЦЬ Ребенко В.І.	207
56. ІНЖЕНЕРІЯ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА РОЗВИТОК СУЧАСНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ Денисенко М.І., Войтюк В.Д.	209

57. ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ СТАЛОМУ І НЕСТАЛОМУ РЕЖИМАХ РОБОТИ Надточій О.В., Тітова Л.Л.	211
58. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ШИРИНИ ЖАТКИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА Тітова Л.Л., Надточій О.В.	214
59. СТРУКТУРНА СХЕМА АРМ ОПЕРАТОРА-ДІАГНОСТА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА Калініченко Д.Ю., Роговський І.Л.	216
60. ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВРОЖАЮ ЗЕРНОВИХ Воронков О.А., Роговський І.Л.	218
61. ПОКАЗНИКИ ЕКОНОМІЧНОСТІ СИСТЕМИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН Роговський І.Л.	220
62. IT IMPLEMENTATION OF SYNTHESIS SYSTEMS TECHNICAL SUPPORT FOR EARLY DIAGNOSIS OF INTERNAL DISEASES OF CATTLE Voytyuk V.D., Rogovskii I.L.	223
63. ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ Черновол М.І., Свірень М.О., Кісільов Р.В.	225
64. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНОВАТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ, УБОРКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ИНДУСТРИАЛЬНОЙ КОНОПЛИ Ивановс Семенс.	227
65. OSCILLATION OF TRAILED HARVESTING MACHINE Bulgakov Volodymyr, Holovach Ivan, Findura Pavol, Kročko Vladimir, Nozdrovicky Ladislav, Korenko Maroš.	229
66. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ РОБОЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН ПРИ ПЕРЕВАНТАЖЕННІ Черниш О.М.	232
67. ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ МАШИН У ПТАХІВНИЦТВІ Ребенко В.І.	233
68. ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ МОЛОКОВІДДАЧІ НА РЕЖИМИ РОБОТИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА Ачкевич О.М., Ачкевич В.І.	235

69. ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ МЕТОДОМ ОЗОНУВАННЯ Семенов О.О.	236
70. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ЗУБІВ ПИЛКИ Сірко З.С., Браузеветтер Юрген.	238
71. ЗБІЛЬШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР З МОДИФІКОВАНИМ ВІБРАЦІЙНИМ ДОЗАТОРОМ БУНКЕРА Вечера О.М.	239
72. СИНТЕЗ РІВНЯНЬ РУХУ ЛАНОК СТІЛОВОЇ СИСТЕМИ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА МЕТОДОМ ЛАГРАНЖА-ЕЙЛЕРА Сподоба О.О., Ловейкін В.С.	242
73. ЗООТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДО ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО ВПЛИВУ НА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ТВАРИН ПІД ЧАС ДОЇННЯ Ачкевич О.М., Ачкевич В.І.	242
74. ПОРІВНЯЛЬНІ ПОЛЬОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦИКОРІЮ Скальський О.Ю.	244
75. ШНЕКОВИЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ФІЛЬТРАТУ ІЗ ЗЕРНОВОЇ БАРДИ Фльонц І.В., Леськів М.С.	247
76. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ПРОСІЮВАННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ НА ВІБРОРЕШЕТАХ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН Харченко С.О.	249
77. ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗАПОВНЕННЯ ПРОСТОРУ ШНЕКА ПРИ ЗМІШУВАННІ Хмельовський В.С., Овчар Р.Ф.	253
78. СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АПАРАТІВ ТОЧНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ Чвартацький І.І.	255
79. УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ І ЗМІШУВАННЯ КОРМІВ Чвартацький І.І., Чвартацький Р.І.	257
80. ІНФОРМАЦІЙНО-ХВИЛЬОВИЙ ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ НЕТЕПЛОВОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ НА БІОБ'ЄКТИ Човнюк Ю.В., Гуменюк Ю.О.	260

81. ІНФРАЧЕРВОНЕ ПІДВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД СУШІННЯ ОЛІЄВМІСНОЇ СИРОВИНИ Бандура В.М.	261
82. ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ РІПАКУ СОРТУ ВІННИЧАНКА Бандура В.М., Ярмоленко О.С.	262

120 річниці НУБіП України присвячується

**ЦІЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ:
ВИКЛИКИ ДЛЯ УНІВЕРСИТЕТІВ НАУК ПРО ЖИТТЯ**

Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції

Том 5

- Секція 6 **«Проблеми розвитку систем енергетики і автоматизації (електроенергетичні системи, автоматизація і робототехнічні системи, електротехнології)»**
- Секція 7 **«Біоінженерія та новітні технології для сталого розвитку (інженерія, нові матеріали та технології, деревообробні та меблеві технології, транспортні технології, цивільний інжиніринг)»**

Відповідальний за випуск: **Отченашко В.В.**

Підписано до друку 04.05.2018 р. Формат
Друк офсетний. Папір офсетний.
Наклад 300 прим.

Надруковано:
Центр поліграфії «Comprint»
м. Київ, вул. Предславинська, 28
тел.: +380 (44) 528–70–24