МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Університет імені Альдо Моро в Барі (Італія)
Варшавський політехнічний університет (Польща)
Русенський університет імені Ангела Канчева (Болгарія)
Краківський сільськогосподарський університет
імені Гуго Коллонтая (Польща)
Латвійський університет природничих наук
і технологій (Латвія)
Інститут технології та наук про життя
у Фаленці (Польща)
Естонський університет природничих наук (Естонія)
Університет природничих наук у Познані (Польща)

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі

Матеріали
VI Міжнародної науково-практичної конференції
молодих учених
02-27 лютого 2026 р.

Запоріжжя – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Університет імені Альдо Моро в Барі (Італія)
Варшавський політехнічний університет (Польща)
Русенський університет імені Ангела Канчева (Болгарія)
Краківський сільськогосподарський університет
імені Гуго Коллонтая (Польща)
Латвійський університет природничих наук і технологій (Латвія)
Інститут технології та наук про життя у Фаленці (Польща)
Естонський університет природничих наук (Естонія)
Університет природничих наук у Познані (Польща)

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі

Матеріали
VI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених
02-27 лютого 2026 р.

Запоріжжя
2026

УДК [631.17+62-52](043)
Т 13

Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 02-27 лютого 2026 р.) / ТДАТУ; ред. кол. С. В. Кюрчев, В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. Запоріжжя: ТДАТУ, 2026. 269 с.

У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної конференції за результатами досліджень щодо технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Збірник тез є частиною науково-дослідних тем Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» та «Підвищення ефективності технологічних процесів і обладнання харчових виробництв і переробки сільськогосподарської продукції».

Матеріали призначені для наукових співробітників, викладачів, студентів й аспірантів закладів вищої освіти, фахівців і керівників сільськогосподарських та переробних підприємств АПК різної організаційно-правової форми, працівників державного управління, освіти та місцевого самоврядування, всіх, кого цікавить проблематика технічного забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі.

Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори. Матеріали видані в авторській редакції.

Редакційна колегія: *Кюрчев С. В.*, д.т.н., проф., ректор Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного; *Кюрчев В. М.*, д.т.н., проф., член-кореспондент НААН України, радник ректора ТДАТУ; *Надикто В. Т.*, д.т.н., проф., член- кореспондент НААН України, *Панченко А. І.*, д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ТДАТУ; *Скляр О. Г.*, к.т.н., проф., зав. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин»; *Кувачов В. П.*, д.т.н., проф. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин», декан механіко-технологічного факультету ТДАТУ; *Журавель Д. П.*, д.т.н., проф. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин» ТДАТУ; *Скляр Р. В.,* к.т.н., доц. кафедри «Обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика», завідувачка відділу моніторингу якості освітньої діяльності ТДАТУ; *Ігнатьєв Є. І.*, к.т.н., ст. викл. кафедри «Експлуатації та технічного сервісу машин».

Адреси для листування:
69600, Україна, Запорізька обл., м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
E-mail: *tssapk@tsatu.edu.ua*
Сайт конференції: *https://sites.google.com/tsatu.edu.ua/etsm-stud-conf*

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2026

ЗМІСТ

МОНІТОРІНГ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ.....18
Денисенко М. І.[1], к.т.н., доц.,
Лісовський Л. В.[1], викл.,
Дев'ятко О. С.[2], к.т.н., доц.
[1]ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»,
[2]Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
ВПЛИВ ВАКУУМНОЇ ДЕГАЗАЦІЇ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ОБЛІПИХОВОГО НАПІВФАБРИКАТУ ПРИ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ЗБЕРІГАННІ.....21
Сердюк Д., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії» (PhD)
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У СУЧАСНОМУ ВИНОРОБСТВІ.....23
Іващенко О. М., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»,
Мамай О. І., к.т.н., доц.
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ СПРАЦЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ, ВУЗЛІВ, АГРЕГАТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ.....25
Денисенко М. І.[1], к.т.н., доц.,
Лісовський Л. В.[1], викл.,
Дев'ятко О. С.[2], к.т.н., доц.
[1]ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»,
[2]Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
РОЛЬ ЛОКАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ У ВИНИКНЕННІ ЗАСТІЙНИХ ЗОН ПРИ ЗМІШУВАННІ КОРМІВ.....28
Купчук І. М., к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
SIMULATION OF A Y-SHAPED MIXER FOR FEED PREMIXES.....31
Ponomarenko R., PhD student,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
АНАЛІЗ І НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ФРАКЦІОНУВАННЯ СУХОЇ ЛИСТОСТЕБЛОВОЇ МАСИ.....33
Сімаков О. О., аспірант
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ФОТОГАЛЬВАНІЧНИХ МОДУЛІВ В АГРАРНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ДОСВІДУ NREL.....36
Філіпович Є., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»,
Дяденчук А., к.т.н., доц.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
SIMULATION METHODOLOGY FOR SOIL-TOOL INTERACTION USING SIMCENTER STAR-CCM+.....38
Tesliuk H., PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Belikov M., PhD student,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБИВАНОСТІ Й ОЧИЩЕННЯ СИТ.....41
Литвинов І., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії»
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF NUMERICAL MODELING OF MIXING AND SEPARATION PROCESSES IN MULTIPHASE MECHANICAL SYSTEMS.....44
Aliiev E., D. Sc. (Eng.), Senior Researcher
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF A TEST RIG FOR MILKING RUBBER.....46
Nosenko Ye., PhD student,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЗВОЛОЖЕННЯ І ПІДСУШКИ ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА.....49
Гринюк М. Е., здобувач ступеня вищої освіти «Магістр»,
Волков Р. А., здобувач ступеня вищої освіти «Бакалавр».
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ЯК ОСНОВА ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ.....52
Пономаренко Н. О., к.т.н., доц.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА НАГРІВАННЯ ВОДИ.....54
Ялама А. І., здобувач вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗМІННИХ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ДВИГУНІ ВІД ЗАВАНТАЖЕННЯ РОБОЧОЇ МАШИНИ НА ПРИКЛАДІ ВОВЧКА.....55
Гринюк М. Е., здобувач ступеня вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
СУПЕРЕЧНОСТІ РОЗВИТКУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА: НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ АСПЕКТ.....57
Мірських Р. В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна
ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЕТАНОЛЬНИХ ДОБАВОК У ДВИГУНАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....60
Пономаренко Н. О., к.т.н., доц.,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....62
Борисенко Е. Я., здобувач вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....63
Колесник П. С., здобувач вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,

м. Запоріжжя, Україна
АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ПОСІВІВ ТА ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....64
Фуркало Д. Ю. здобувач СВО «Бакалавр»
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна
ОСОБЛИВОСТІ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....66
Аліменко С. В., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ СТІЙКИХ ДО АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ.....67
Аршинніков Д. С., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРОЄКТОВАНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ.....68
Шамшур О. І., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ДВИГУНІВ ПРИ РОБОТІ НА БІОПАЛЬНОМУ.....71
Шпонька Є. С., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОПЕРАТОРА В СУЧАСНИХ АГРАРНИХ МАШИНАХ.....72
Невмержицький Т. В., здобувач вищої освіти ОС «Магістр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ВИКОРИСТАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ.....75
Чорний О. Г., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ І ЇХ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ АГРОПІДПРИЄМСТВ.....76
Шулятицький Н. Р., здобувач вищої освіти ОС «Магістр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ОСНОВНІ ВИДИ АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ.....79
Таран Т. О., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ПОЛЬОВИХ МАШИН ІЗ ПІДВИЩЕНОЮ ПОВОРОТКІСТЮ.....80
Назарук Р. І., здобувач вищої освіти ОС «Магістр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФРУКТОВО-ОВОЧЕВОГО ПОРОШКУ.....82
Стоянова О. В., к.т.н. доц.
Зубкова К. В., к.т.н. доц.
Горіна В. Д., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБОК ВІЙСЬКОВОГО ПОХОДЖЕННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ.....84
Борак К. В.[1], д.т.н., професор,
Макаревич В. Л.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Кравчук М. Р.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Вікарчук В. О.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
[1]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир
[2]Поліський національний університет, м. Житомир
КОНСТРУКЦІЙНІ ЗАХОДИ ЩО ДО ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....88
Бойко О. В. ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. м. Запоріжжя, Україна
ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАПОЇВ.....89
Карачов В. В., аспірант
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ГІДРОПРИВОДУ ПОРІВНЯНО З МЕХАНІЧНИМИ ТА ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПЕРЕДАЧАМИ.....91
Замула Б. С., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. м. Запоріжжя, Україна
ВПЛИВ ШРОТУ РОЗТОРОПШІ НА ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ М'ЯСНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ.....92
Алькема О., здобувачка СВО «Бакалавр»
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ESG-СТАНДАРТІВ В АПК УКРАЇНИ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВІЙНИ ТА ЗАЛУЧЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙ У ВІДБУДОВУ.....93
Квашук О. В., викладач в. к. к., викладач-методист,
ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу» УНУ, м. Умань, Україна
ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КАГАТУ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА.....96
Ліннік А. Ю., доц, к.т.н.,
Стрихар М. І., асист.
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна
ЕЛЕКТРОПРИВОД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: СТАН, ПРОБЛЕМА, ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ.....98
Ташлікович В. С. здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»,
Гузенко В. В. к.т.н., доц.
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ТА РЕСУРСУ ГУМОВО-МЕТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ.....99
Равлик С., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ДВОФАЗНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ ДЛЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА.....100
Лисенко Р. Д., здобувач третього рівня вищої освіти «Аспірант»
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
ОГЛЯД СІВАЛОК ДЛЯ ПОСІВУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....102
Дерев'янко Д. А., д.т.н., проф.,
Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Шаповал М. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мазур М. П., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ.....106
Куликівський В. Л., к.т.н., доц.,
Вендер С. А., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Кальник О. Р., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Стеблецький Н. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україн
АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА РОБОТУ ТРИФАЗНИХ ДІНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НЕСИНУСОЇДНОСТІ ЖИВЛЕННЯ.....108
Козак О. Я., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»,
Носко С. С., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПРИ АВАРІЙНОМУ ЗНИЖЕННІ НАПРУГИ.....110
Горлов О. О. здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.Запоріжжя, Україна
АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....111
Савченко В. М., к.т.н., доц.,
Давиденко А. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ГАЛУЗІ КАРТОПЛЯРСТВА В УКРАЇНІ.....114
Дерев'янко Д. А., д.т.н., проф.,
Давиденко А. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Семенчук Д. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТВАРИННИЦТВА В УКРАЇНІ.....116
Грудовий Р. С., к.т.н., доц.,
Король Д. Р., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Литвиненко В. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Семчук Д. Л., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
СУЧАСНІ ПІДХОДИ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК.....118
Стариченко А., здобувач СВО «Магістр»
Трач Д., здобувач СВО «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

ІННОВАЦІЙНА СКЛАДОВА ЗРОСТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОРМОВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ.....121
Міненко С. В.[1], к.т.н., доц.,
Пеценко А. В.[2], викладач,
Степовий А. В.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Ярошовець Д. С.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ.....124
Савченко В. М., к.т.н., доц.,
Гайбу В. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Козачук В. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ.....128
Куликівський В. Л.[1], к.т.н., доц.,
Шевчук О. А.[2], викладач,
Дем'янчук В. П.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Вдовиченко А. М,[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Омельчук С. М.[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТРАДИЦІЙНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПРАКТИК.....130
Стрихар М. І., асистент
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна
СУЧАСНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИ УТРИМАННІ ДІЙНИХ КОРІВ.....132
Луканьов В., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна
СУЧАСНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЯЛОВИЧИНИ.....133
Плазинський Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна
СУЧАСНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ У СВИНАРСТВІ.....134
Хіблень Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна
ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПОЛІССЯ.....136
Дерев'янко Д. А.[1], д.т.н., проф.,
Шевчук О. А.[2], викладач,
Гмир І. В[1] , здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Михалочкін Н. А.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

СЕНСОРНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИН РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ.....138
Побережна А. О., здобувачка вищої освіти СВО «Бакалавр»;
Луцькова В. А., к.т.н., старший викладач
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна
ЗАСТОСУВАННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....140
Грудовий Р. С.,[1] к.т.н., доц.,
Хоменко С. М.,[2] к.т.н.,
Жуковський Н. Р.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Карпенко М. С.,[2] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ПОЗАКОРЕНЕВЕ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АГРОДРОНІВ.....144
Мручак А., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна
ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ВИДИ, ЗАСТОСУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ Й НЕДОЛІКИ.....145
Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Маліновський О. А., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мельничук М. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Онуфрієнко О. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Кравченко А. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВЗАЄМОДІЇ БІОМЕТАНУ З ІНШИМИ ПАЛИВНИМИ КОМПОНЕНТАМИ В ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....146
Дацюк. Д. А., PhD, старший викладач
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....148
Савченко В. М.[1], к.т.н., доц.,
Шевчук О. А.[2], викладач,
Завадський В. В.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Омельчук О. В.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ.....152
Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Шмагун М. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Островський О. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Крижанівський М. С., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Скок М. С., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
СУЧАСНІ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ДІЙНИХ КОРІВ.....155
Костенюк А., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

АВТОМАТИЗАЦІЯ ГОДІВЛІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ.....156
Кравець І., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КИТАЇ.....157
Боровський В. М., ст. викладач,
Прокопчук С. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Пухтаєвич Є. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Чехов В. І., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир
АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОЇННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ.....159
Сохатюк Ю., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ.....160
Боровський В. М., ст. викладач,
Мельниченко Н. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мельнічук Є. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Горай І. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ЩІЛЮВАННЯ ҐРУНТУ.....163
Дерев'янко Д. А.,[1] д.т.н., проф.,
Руденко В. Г.,[2] викладач,
Червінський Ю. В.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ТЕНДЕНЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.....167
Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Ярмола О. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Терещук О. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Креденцер В. Г., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
FEATURES OF EXCAVATOR BUCKET TOOTH WEAR.....170
Borak K. V., doctor of technical sciences, professor,
Uminskyi O. V., postgraduate student,
Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ ДЛЯ ТЕРМОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ.....172
Золотовська О. В., к.т.н., доц.,
Слаква С. О., асистент,
Горобець В. Ю., здобувач вищої освіти «Бакалавр»
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
СПОСОБИ РЕМОНТУ РЕСОР АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ.....174
Грудовий Р. С.,[1] к.т.н., доц.,
Федорчук А. О.,[2] викладач,
Куторженко С. І.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Полінкевич С. В.,[2] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ СОЄВОГО МОЛОКА.....175
Дерев'янко Д. А.[1], д.т.н., проф.,
Веремій Т. Б.[2], викладач,
Клименко В. В.[1],здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛУНИЦІ.....178
Білецький В. Р.,[1] к.т.н., доц,
Федорчук А. О.[2], викладач,
Якимчук Н. С.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ.....181
Міненко С. В.[1], к.т.н., доц.,
Хоменко С. М.[2], к.т.н.,
Загородній Д. О.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мішута В. Д.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Приднюк О. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ.....185
Дерев'янко Д. А.,[1] д.т.н., проф.,
Веремій Т. Б.,[2] викладач,
Сорока Р. В.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Ніконенко М. С.[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Силін Л. М.[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна
ВПЛИВ ДОДАВАННЯ БІОМЕТАНУ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ГОРІННЯ ТА ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ.....188
Борецька Т. Ю.
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
ANALYSIS OF ENERGY COSTS IN GRANULATORS.....189
Komar A. S., engineer
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ПЕРСПЕКТИВИ КРАФТОВОГО ВИРОБНИЦТВА МАРИНОВАНИХ КУРЯЧИХ НАПІВФАБРИКАТІВ.....191
Губа С., ст.викл.,
Курант Д., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ.....193
Головач А. Л., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНИХ КАДРІВ ДЛЯ АПК В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ГЛОБАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ.....194
Водяницький І. О., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії» (PhD)
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ SOUS-VIDE У МАСОВОМУ ХАРЧУВАННІ: ПЕРЕВАГИ ТА ВИМОГИ ДО БЕЗПЕЧНОСТІ.....195
Буяло Є., здобувач вищої освіти СВО "Бакалавр"
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ СТРАВ.....197
Пономаренко А. В. студент
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ.....199
Закірко І., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF A CENTRIFUGAL MILK SEPARATOR.....200
Izotov V., recipient of higher education "Bachelor's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА.....201
Ковальов М., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»,
Паляничка Н. О., к.т.н,
Ковальов О. О., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
JUSTIFICATION FOR IMPROVING THE DESIGN OF A FREEZER FOR ICE CREAM PRODUCTION.....203
Liebiediev A., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ВДОСКОНАЛЕНННЯ ПРЕСУЮЧОЇ ГОЛОВКИ МАКАРОННОГО ПРЕСУ.....205
Черненко Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ВПЛИВ УМОВ УТРИМАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВРХ МОЛОЧНОГО НАПРЯМКУ.....207
Сулейманова Е. Е., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ.....209
Назаренко М. Є., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....211
Ярмак І. В., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ЕФЕКТИВНІСТЬ НУЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....212
Вергун Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

МОДЕРНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ЯК ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ.....214
Березюк І., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна
АНАЛІЗ ВПЛИВУ СИЛ НА НАСІННЯ ПІД ЧАС ПРИСМОКТУВАННЯ ДО ОТВОРІВ ВИСІВНОГО ДИСКУ.....216
Мельник В. І.[1], д.т.н., професор,
Зеленський А. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія),
Зеленський О. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія),
Зеленський М. А.[2], здобувач СВО бакалавр.
[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[2]Державний університет Люблінська Політехніка, м. Люблін, Польща
РОЗРОБКА ПАЛИВНОГО ЗМІШУВАЧА НА ОСНОВІ РОТОРА САВОНІУСА.....219
Бурлака С. А., PhD, доцент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗБЕРІГАННЯ СВІЖОНАРІЗАНИХ ЯБЛУК: ВИКОРИСТАННЯ L-ЦИСТЕЇНУ В СИСТЕМІ КОМПОЗИТНИХ БІОПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ.....221
Петришин Д. С., аспірант
Уманський національний університет, Умань, Україна
ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ АКВАФАБИ.....222
Воронін О. А., аспірант
Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна
ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ НАПОЇВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....223
Завгородній Д. М., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії»,
Сабадаш М. С., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
МОТОБЛОК ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ ГОСПОДАРСТВ.....225
Богдан Р., здобувач вищої освіти СВО "Бакалавр"
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут", м. Бережани, Україна
АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЯК СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА.....226
Котило М., здобувач вищої освіти СВО "Бакалавр"
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут", м. Бережани, Україна
ДЕЯКІ КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТОВОГО МІНІ-КАНАЛУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ РОТАЦІЙНИХ ЗНАРЯДЬ.....228
Рижкова Т. Ю.[1],
Ветохін В. І.[1],
Амосов В. В.[2]
[1]Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна
[2]Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КАЛЬЦОНЕ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКУ РУМБАМБАРУ.....231
Малишок Н. В., майстер виробничого навчання
Комунальний заклад Сумської обласної ради «Шосткинське вище професійне училище», м. Шостка, Україна
ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ СУМАХУ ОЦТОВОГО (RHUS TYPHINA) З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НІТРИТНИХ СПОЛУК У М'ЯСНІЙ ПРОДУКЦІЇ.....232
Старинський О. О., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії»
Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна
КРІОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ЯГІД МАЛИНИ З МАЛЬТОДЕКСТРИНОВИМ ПОКРИТТЯМ.....233
Заморська І. Л., д.т.н., проф.,
Уманський національний університет, м. Умань, Україна
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛЕМЕШІВ І КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ У СТРУМОПІДВІДНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ З КОМПЛЕКСНИМ МОДИФІКУВАННЯМ ПОКРИТТІВ.....235
Рибалко І. М.[1], д.т.н., доц.,
Тіхонов О. В.[1], к.т.н., доц.,
Захаров А. В.[2], д. ф. з матеріалознавства
[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[2]Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В. І. Вернадського,
м. Харків, Україна
SPECIFICS OF DESIGNING A LOCKSMITH-MECHANICAL AREA OF A SERVICE FACILITY.....237
Dyachenko V., recipient of higher education "'Bachelor" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ВАРТОСТІ ЕНЕРГОНОСІЇВ.....238
Іванов С. В. 33С(ФМБ)АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
SPECIFICS OF DESIGNING THE ELECTROPLATING AREA OF A SERVICE FACILITY.....240
Sinitsky D., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE ENGINE REPAIR SECTION OF A SERVICE FACILITY.....242
Nahornyi M., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ.....243
Тімонін О. В. 32С(ФМБ)АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE ENGINE TESTING STATION OF A SERVICE FACILITY.....245
Starychenko A., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE DISASSEMBLY AND WASHING AREA OF A SERVICE FACILITY.....247
Tarasenko D., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ІНЖЕНЕРНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БІОФІЛЬТРІВ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ.....248
Жмак С. С., 21МБ АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
SEQUENCE OF DESIGNING THE TECHNOLOGICAL COMPONENT OF PRODUCTION SECTIONS AT A SERVICE ENTERPRISE.....250
Trach D., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE WELDING SECTION OF A SERVICE FACILITY.....252
Usenko Y., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ВИКОРИСТАННЯ НАТУРАЛЬНИХ ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ.....253
Савченкою М., ст.викладач,
Пекельник Р., здобувачк вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна
ENGINEERING CONSIDERATIONS FOR THE COATING AREA OF A SERVICE COMPANY.....255
Shapoval V., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ БІОГАЗОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ.....256
Акулов В., аспірант
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ЗАСТОСУВАННЯ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ.....258
Король М., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ФІЛЬТРАЦІЇ ПОВІТРЯ КАБІН САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ.....259
Новицький Ю. А., аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ВІДХОДИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ.....261
Стоян С. А., 21МБ АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна
ЗАЛЕЖНІСТЬ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТРАКТОРІВ ВІД ЯКОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО.....263
Волошин Т., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

КОНСТРУКЦІЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....264
Ружило А. З., аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна
ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЇХ НЕРАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ.....266
Коренюгін Ю., 11МБАІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

УДК 338.43:631.02

МОНІТОРІНГ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

Денисенко М. І.[1], к.т.н., доц.,
Лісовський Л. В.[1], викл.,
Дев'ятко О. С.[2], к.т.н., доц.
[1]ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»,
[2]Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Постановка проблеми. З середини XX століття увагу економістів різних країн привертає економічна категорія, яка на попередніх етапах розвитку економічної думки, згадувалася лише епізодично у невеликій кількості наукових публікацій. Це категорія – науково-технічний прогрес та його найвища форма – науково-технічна революція. Формою прояву науково-технічного прогресу у його еволюційному і революційному варіантах виступають інновації.

На сучасному етапі розвитку економіки агропромисловий комплекс України зазнає активних змін і розробці нових інноваційних підходів до організації сільськогосподарського виробництва, форм взаємодії всіх існуючих інститутів влади та органів управління.

Основні матеріали дослідження. Категорія «інновації» була ведена у науковий термін одним з видатних американських економістів Й.Шумпетером (до еміграції в США проживав та працював в Австрії і Німеччині). В опублікованій науковій монографії «Економічні цикли» він розглядав інновації як зміни у технології та управлінні виробництвом, нові комбінації використання надр і виробничих ресурсів, що дозволяє подолати економічні кризи. Впровадження інновацій і передових технологій у процеси виробництва сільськогосподарської продукції є основною мотивацією досягнення поставлених конкурентних задач.

В 1993 році у італійському місті Фраскаті вчені – представники країн Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) – затвердили спеціальний документ, присвячений основним проблемам інноваційної діяльності у сучасному світі. У цьому документі визначаються як кінцевий результат інноваційної діяльності, втіленої у вигляді нового або вдосконаленого технологічного процесу, що використовується на практиці.

Таким чином, науково-технічну діяльність можливо розглядати як зміст, сутність інноваційної діяльності, а інновації – як її форму і результат. Інновації можливо класифікувати за різними ознаками, тому що їх зміст різноманітний (рис.1). Категорію «інновація» («нововедення») треба відрізняти від близької, але не ідентичної їй категорії «новизна» («новація»).

До новацій можуть відноситися документально оформлені результати фундаментальних розробок у різних галузях економіки. Вони можуть підтверджувати отримані відкриття, завершені винаходи, патенти, ноу-хау і т.ін. Але щоби стати інновацією, новизна повинна бути використана практично, тому що інновація – кінцевий результат впровадження новизни для отримання науково-технологічного, економічного, соціального, екологічного або іншого ефекту.

Мета дослідження: є вивчення інноваційних процесів та змісту інноваціям в аграрному секторі України.

Виклад основного матеріалу. Теоретичні аспекти інноваційної діяльності в аграрному секторі держави досліджені в роботах вітчизняних вчених В.Г.Андрійчука, О.І.Дація, Л.Л.Антонюка, М.В.Зубця, М.І.Кисіля, М.І.Крупки, С.С.Бакая, М.Ю.Коденської, М.Ф.Кропивко, М.Г.Лобаса, І.І.Лукінова, О.В.Овсянікова, О.О.Сторожука, О.Г.Шпикуляка, В.В.Адамчука та інших. Дослідження інноваційної діяльності в аграрному секторі України обумовлена посиленням конкурентної боротьби на ринку сільськогосподарської продукції та

інтеграцією України в Європейський Союз і Світову організацію торгівлі (СОТ).

Й.Шумпетер виділив п’ять типових змін при здійсненні інноваційної діяльності: використання нової техніки, нових технологічних процесів або нового ринкового забезпечення виробництва (купівля – продаж); впровадження продукції з новими властивостями; використання нової сировини; зміни в організації виробництва та його матеріально-технічного забезпечення; появу нових ринків збуту.

Інновація завжди є результатом зміни конкретного елементу організації.

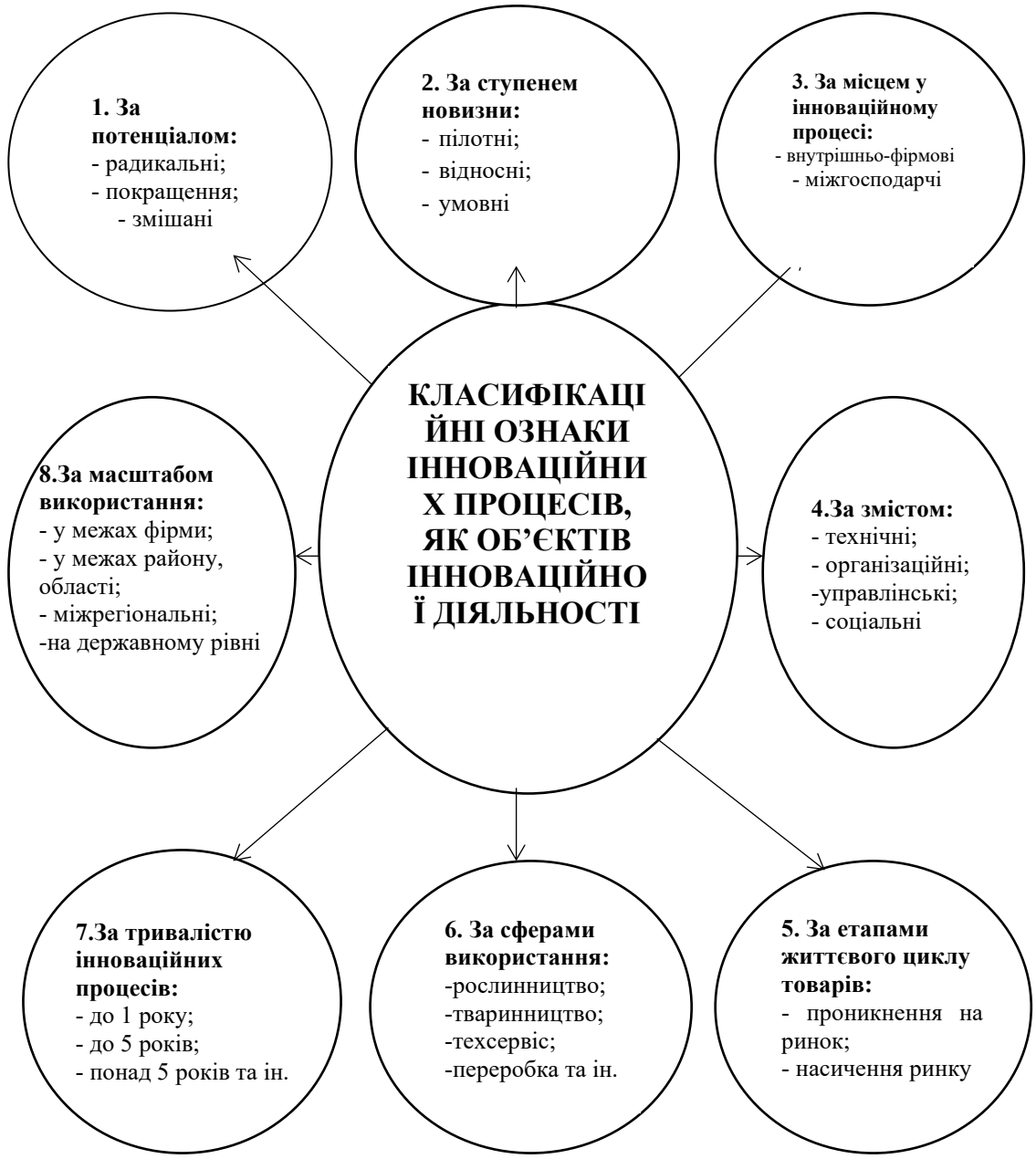


Рис. 1. Класифікаційні ознаки інноваційних процесів, як об’єктів інноваційної діяльності

Вибір об’єктів інновацій не може бути випадковим – він заснований на оцінці фактичного стану управлінської системи. В цілях стимулювання інноваційної діяльності (ІД) необхідно введення на законодавчому рівні льотних умов для кредитування і страхування суб’єктів ІД. Ці заходи дозволять страхувати існуючі риски та заохочувати додаткові грошові кошти на розвиток ІД.

Інновація – це системний процес, що розвивається людьми. У зв’язку з цим правильний підхід до вирішення кадрових завдань є основою ефективності інноваційного процесу. Відповідно головним пріоритетом політики держави повинна стати підтримка освіти. При

цьому освіта як система формування інтелектуального потенціалу всієї нації повинна відповідати тим очікуванням, з якими зв'язаний перехід економіки на інноваційний шлях розвитку.

Наступним напрямком інноваційної діяльності повинна стати створення інноваційної інфраструктури, яка являє собою сукупність різних підприємств і організацій, котрі забезпечують науково-технічний розвиток того чи іншого регіону України. Це наукові та інвестиційно-фінансові інститути, господарчі підприємства і організації, спеціалізовані інноваційні структури (технопарки, науко гради, бізнес-інкубатори, кластери та інші), підприємства інвестиційно-інноваційного обслуговування, а також спеціалізовані фонди.

За всієї важливості і необхідності державного регулювання процесу переходу економіки на інноваційний шлях розвитку не можливо не враховувати значення приватного сектору. Роль держави полягає у створенні умов, за яких нові наукоємні технології знаходили б внутрішнє споживання та розвивався високотехнологічний ринок. Світова статистика переконливо стверджує про те, що практично половина інноваційних продуктів у розвинутих економіках світу створюється у дрібному секторі економіки.

Одна з найважливіших умов переходу до інноваційної економіки і активного заохочення бізнесу у цей процес – формування сучасного конкурентного ринку інновацій – єдиного простору, що об'єднує всіх учасників інноваційного процесу. Все це дозволить зробити інноваційну діяльність найбільш прийнятною і для підприємців, і для державних органів, що призведе до зростання інноваційної складової в економічному розвитку держави.

В теперішній час формування державної інноваційної політики переноситься у регіони. Вони стають стартовою площадкою для того, щоби формувати українську національну інноваційну систему. По – перше, у регіоні можливо більш чітко ідентифікувати завдання та спрямувати відповідні ресурси. По – друге, в рамках регіону (області) можлива тісна взаємодія адміністрації, представників науки і університетів, представників бізнесу, котрі на постійній основі вирішують загальні завдання та створюють певний поступальний момент розвитку цієї системи. По – третє, відомо, що найбільш інноваційним є малий та середній бізнес.

Інновація – це такий суспільно-технічний і економічний процес, котрий крізь практичне використання ідей та винаходів призводить до створення кращих за своїми властивостями виробів, технологій [4, с.24]. Відносно до АПК (агропромисловому комплексу) інновації представляють собою реалізацію у господарчу практику результатів досліджень і розробок у вигляді нових сортів рослин, порід і видів тварин, нових або покращених продуктів харчування, матеріалів, нових технологій у рослинництві, тваринництві і переробній промисловості, нових добрив і засобів захисту тварин і рослин, нових методів профілактики і лікування, нових форм організації та управління різними галузями економіки, нових підходів до соціальних послуг, що дозволяють підвищити ефективність виробництва.

Інноваційні процеси в АПК мають свою специфіку. Одна з особливостей сільського господарства полягає в тому, що тут поряд з промисловими засобами виробництва активну участь у відтворенні процесів приймають живі організми – тварини і рослини. Розвиток їх підпадає дії природніх законів та залежить від таких природознавчих факторів, як клімат, погодні умови, тепло, волога, світло та харчування.

Інноваційний тип розвитку аграрного сектору визначається науково-технічною політикою регіону, формуванням регіонального інноваційного механізму. До умов і факторів, що гальмують впровадження інновацій в АПК, відносяться також зменшення внутрішнього споживання на продовольство, скорочення державної підтримки аграрного сектору та державного фінансування науково-технічних програм, слабкий розвиток системи кредитування, високі ставки за кредитами, відсутність інноваційної інфраструктури і державної інноваційної політики, недостатній рівень підготовки кадрового персоналу організацій АПК в царині інноваційного менеджменту. За предметом і сферою використання інновацій в АПК вважається доцільним виділити чотири їх типа: селекційно-генетичні, техніко-технологічні і виробничі, організаційно-управлінські та економічні, соціально-екологічні.

Висновки. 1. В цілях стимулювання інноваційної діяльності необхідно впровадження на законодавчому рівні пільгових умов для кредитування і страхування інноваційного процесу. 2. Інновацію як кінцевий результат науково-виробничого циклу треба розглядати нерозривно з інноваційним процесом – створенням, впровадженням та їх розповсюдженням.

Список використаних джерел.

1. Шумпетер Й. Теория экономического развития. М.: Прогресс. 1982. 454 с.
2. Дацій О. І. Розвиток інноваційної діяльності в агропромисловому виробництві України: монографія. Київ: ННЦ ІАЕ, 2004. 428 с.
3. Інноваційна Україна 2020: національна доповідь / За заг. ред. В. М. Гейця та ін.; НАН України. Київ, 2015. 336 с.

УДК 664.8.037.1:634.743

ВПЛИВ ВАКУУМНОЇ ДЕГАЗАЦІЇ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ОБЛІПИХОВОГО НАПІВФАБРИКАТУ ПРИ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОМУ ЗБЕРІГАННІ

Сердюк Д., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії» (PhD)
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Зростання попиту на заморожені плодові напівфабрикати з високою біологічною цінністю зумовлює необхідність упровадження технологічних прийомів попередньої обробки, спрямованих на збереження нестійких біологічно активних речовин рослинної сировини впродовж усього терміну зберігання. У сучасних умовах саме стабільність вітамінного та фітохімічного складу є визначальним чинником якості заморожених продуктів, що зумовлює перегляд традиційних підходів до їх виробництва. Обліпиха (*Hippophae rhamnoides L.*) є однією з найбільш перспективних плодових культур завдяки високому вмісту аскорбінової кислоти, каротиноїдів і фенольних сполук, які визначають її харчову та біологічну цінність і зумовлюють зростаючий інтерес до використання цієї сировини у складі заморожених напівфабрикатів [1, 2].

Водночас зазначені біологічно активні компоненти характеризуються підвищеною чутливістю до дії кисню, що обумовлює їх поступову деградацію під час традиційного заморожування та тривалого низькотемпературного зберігання. Наявність розчиненого кисню у плодових пюре активізує окисні та ферментативні процеси, які призводять до втрат вітаміну С, руйнування каротиноїдів і зниження вмісту фенольних сполук. У цьому контексті актуальним є застосування технологічних і технічних рішень, спрямованих на зменшення інтенсивності окисних перетворень на підготовчому етапі виробництва. Одним із таких способів є вакуумна дегазація, яка передбачає видалення розчинених газів і зниження концентрації кисню в напівфабрикаті перед заморожуванням, що створює передумови для більш ефективного збереження біологічно активних речовин під час низькотемпературного зберігання [3].

Метою дослідження було встановлення впливу вакуумної дегазації на динаміку вмісту біологічно активних речовин в обліпиховому напівфабрикаті під час зберігання при –18 °С.

Для приготування обліпихового напівфабрикату плоди сортували, мили і видаляли сторонні домішки. Далі виконували механічне подрібнення плодів обліпихи з одночасним відділенням м’якоті від кісточок, оскільки насіння не підлягає подальшій переробці в замороженому напівфабрикаті. Цей процес здійснювався на протиральних установках, які

дозволяли отримати гомогенну масу – пюре або сік – без твердих частин. Саме цей продукт був об'єктом вакуумної дегазації. Суть вакуумної дегазації, в даному випадку, полягала у видаленні з напіврідкої маси розчинених газів, насамперед кисню. Продукт подавався у герметичну камеру дегазатора, де створювався понижений тиск (5 – 10 кПа). У таких умовах розчинений газ інтенсивно виділяється у вигляді бульбашок, які виводились через вакуумну систему. Процес тривав 4 хвилини. Для збереження летких ароматичних сполук та уникнення денатурації білків температура в дегазаторі підтримувалась у межах 20...40 °С. Після дегазації пюре одразу пакували в пакети та подавали на швидке заморожування за технологією IQF (індивідуальне швидке заморожування) при –35 °С з подальшим зберіганням при –18 °С. За контроль приймали упаковані в поліетиленову плівки зразки пюре обліпихи, що були виготовлені аналогічно дослідним, але без дегазації. Вміст аскорбінової кислоти визначали титриметричним методом, каротиноїдів – спектрофотометрично, суму фенольних речовин – методом Фоліна–Деніса [4].

У таблиці 1 наведено зміну вмісту біологічно активних речовин у зразках упродовж 6 місяців зберігання.

Таблиця 1

Зміна вмісту біологічно активних речовин обліпихового напівфабрикату під час зберігання при –18 °С

Показник	Свіжа сировина	Контроль, 6 міс	Дослідний зразок, 6 міс
Аскорбінова кислота, мг/100 г	185,12±3,35	112,25±5,36	148,44±4,65
β-каротин, мг/100 г	26,42±2,65	17,91±4,32	22,64±2,71
Сума фенольних речовин, мг/100 г	485,32±8,31	352,25±4,31	418,31±2,33

Отримані результати свідчать, що в контрольних зразках обліпихового напівфабрикату впродовж 6-місячного низькотемпературного зберігання спостерігалося інтенсивне зниження вмісту всіх досліджуваних біологічно активних речовин. Найбільших втрат зазнавала аскорбінова кислота, масова частка якої зменшувалася приблизно на 39 % від початкового рівня, що зумовлено її високою чутливістю до дії кисню та окисно-відновних перетворень. Вміст каротиноїдів у контрольних зразках знижувався на 32 %, що може бути пов'язано з їх окисною деградацією та ізомеризацією під час тривалого зберігання. Сума фенольних сполук зменшувалася на 27 %, що свідчить про поступове залучення цих компонентів до реакцій неферментативного окиснення.

Застосування вакуумної дегазації перед заморожуванням дозволило істотно сповільнити деградаційні процеси у напівфабрикаті. У дегазованих зразках втрати аскорбінової кислоти не перевищували 20 %, каротиноїдів і суми фенольних речовин – 14 % від початкового рівня. Така різниця між дослідними та контрольними зразками пояснюється зменшенням доступності розчиненого кисню, пригніченням швидкості окисних реакцій та зниженням активності ферментних систем, відповідальних за руйнування біологічно активних сполук. Вищий рівень збереження фенольних речовин також сприяє опосередкованому захисту аскорбінової кислоти та каротиноїдів унаслідок їх участі у реакціях відновлення.

Таким чином, вакуумна дегазація обліпихового напівфабрикату перед заморожуванням при –18 °С забезпечує істотно вищий рівень збереження аскорбінової кислоти, каротиноїдів і фенольних сполук упродовж 6-місячного низькотемпературного зберігання. Порівняно з контрольними зразками, інтенсивність втрат біологічно активних речовин у дегазованому напівфабрикаті зменшується у 1,7 – 2,0 рази. Отримані результати підтверджують доцільність використання вакуумної дегазації як ефективного підготовчого етапу у технології заморожених плодових напівфабрикатів, орієнтованих на максимальне збереження їх біологічної цінності та стабільності хімічного складу під час зберігання.

Список використаних джерел.

1. Зарецька Д., Сердюк М., Кривонос І., Бандура В. Замороженний напівфабрикат

з додаванням обліпихи, як сировина для продуктів функціонального призначення. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.* 2023. № 23(1). С. 199-206.

2. Gâtlan A. M., Gutt G. Sea buckthorn in plant based diets. An analytical approach of sea buckthorn fruits composition: Nutritional value, applications, and health benefits. *International journal of environmental research and public health*. 2021. Т. 18, №. 17. P. 8986.

3. Serdiuk D., Priss O. Innovative aspects of production frozen semi-finished products from sea buckthorn fruits. *Scientific strategies in the context of global challenges*: International Scientific-Practical Conference. Warsaw. 2025. P. 176-177.

4. Сердюк М. Є., Прісс О. П., Гапріндашвілі Н. А., Здоровцева Л. М., Сухаренко О. І., Іванова І. Є. Дослідницький практикум. Частина 1. Методи дослідження плодоовочевої та ягідної продукції. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2020. 370 с.

Науковий керівник: Прісс О. П., д.т.н., проф.

УДК 663.26

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ У СУЧАСНОМУ ВИНОРОБСТВІ

Іващенко О. М., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»,
Мамай О. І., к.т.н., доц.
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна

Сучасне виноробство – це не лише виробництво вина та безалкогольної продукції, а й складний технологічний процес, у результаті якого утворюється значна кількість відходів. За різними даними, під час переробки винограду їх частка може становити від 10 до 20 % від загальної маси сировини. Кількість відходів значна, наприклад, в середньому на 100 кг винограду залишається 3,5 кг гребенів, 10 кг солодких вичавок (після пресування винограду), 13 кг вичавок після бродіння м’язги, 3 кг насіння. Ці відходи містять цінні компоненти, які можуть бути використані повторно [1].

Раціональне та комплексне використання відходів виноробства є важливим завданням, оскільки воно дозволяє не лише підвищити економічну ефективність виробництва, а й зменшити негативний вплив на довкілля. Вичавки, винні дріжджі, винний камінь та інші побічні продукти можуть слугувати сировиною для отримання спирту, винної кислоти, кормів, добрив та продукції для інших галузей промисловості. Саме тому тема оптимізації використання відходів у виноробстві є актуальною та практично значущою [2].

В процесі переробки винограду, яблук та різноманітних ягід утворюються відходи, що в більшості випадків відправляють на звалища або реалізують як корми для худоби. До такої вторинної сировини виноробної промисловості відносяться продукти, що залишаються від грон винограду або плодово-ягідної сировини при їхній переробці на вино чи безалкогольну продукцію. Інша група відходів утворюється в процесі технологічної переробки сировини. До них відносяться осади дріжджові, осади винного каменю та інші, що одержані з вина, спирту або міцних напоїв (барда). Продукти, одержувані з вторинної сировини, називаються вторинними продуктами виноробства. З відходів переробки винограду одержують вторинні продукти виноробства – етиловий спирт, винну кислоту, виноградну олію, енобарвники, корми для тварин, добрива тощо. При більш глибокій переробці вторинної сировини з неї можна одержати енантовий ефір (коньячна олія), танін, ферментні і вітамінні препарати, амінокислоти, дріжджові автолізати, кормові дріжджі тощо. Після пресування м’язги одержують сусло і велику кількість вичавків. З сухих вичавків, звільнених від насіння, одержують борошно, яке використовують у тваринництві, при виробництві хліба,

виноградного пива. Заслуговує уваги технологія отримання екстрактів із гребенів та вичавків.

Вторинною сировиною можуть слугувати гребені, насіння плодів, винограду, осади, вичавки. Всі вони є натуральними органічними продуктами, що можуть стати сировиною для виготовлення корисних людині продуктів [3].

Вичавка – вторинна сировина, яку отримують після віджимання виноградного соку з винограду при виготовленні білих і рожевих вин, безалкогольної продукції, після віджимання збродженної м'язги при отриманні червоних вин. Вичавкою називають все те, що залишається в пресі після віджимання соку зі свіжого винограду або вина з м'язги, що перебродила, тобто гребені, шкірка, насіння і залишки рідини (сусло, вино). З вичавки шляхом дистиляції одержують спирт. Рідина, що залишається після відгону спирту, використовується для отримання з неї виннокислих солей, що переробляються надалі на винну кислоту. Відокремлена від рідини тверда частина (вичавка, позбавлена спирту і виннокислих солей) теж використовується, з неї шляхом сухої перегонки отримують світильний газ. Шкірка винограду, що залишається після відділення насіння, яка в чистому вигляді або з добавкою висівок йде в корм худобі або використовується як добриво в суміші з вапном і іншими речовинами.

Дріжджі використовуються таким чином: спирт, що міститься в них, відганяють, а з рідини, що залишається після перегонки, вилучаються виннокислі солі, самі дріжджі піддаються сухій перегонці. Винні дріжджі можна використовувати для отримання автолізату і ферментних препаратів. Дріжджові осади багаті вітамінами. Особливо великий в них вміст вітаміну D, а також вітамінів групи В (тіаміну, рибофлавіну, нікотинової кислоти). Тому розробка та організація отримання вітамінних препаратів з винних дріжджів є доцільною. Отримання препаратів амінокислот з дріжджових осадів є дуже цінним для фармацевтичної промисловості [3].

Дослідження хімічного складу вітамінно-амінокислотного концентрату, отриманого з автолізату винних дріжджів, як у рідкому, так і у висушеному вигляді, показали наявність багатьох мікро- і макроелементів, що свідчить про харчову цінність автолізату, оскільки їх біологічна роль у життєдіяльності організму величезна. Відсутність миш'яку, малий вміст свинцю, кадмію вказують на нешкідливість даного харчового продукту. Амінокислотний СКОР автолізату дозволив виявити незамінні лімітуючі амінокислоти. Головною лімітуючою амінокислотою є треонін. Вітамінно-амінокислотний концентрат має високу харчову цінність, містить мікро- і макроелементи, амінокислоти, вітаміни та може бути використаний як добавка для забезпечення повноцінного харчового раціону [4].

Винний камінь відкладається на внутрішній поверхні ємностей при бродінні і витримці вина. До складу відкладень входять: виннокислий калій - 83 %, татрат кальцію - 5,4 % і домішки - 11,6 %. Ці речовини використовують медицині, кулінарії, зокрема виннокислий калій входить до складу розпушувача і використовують для стабілізації білка. Винний камінь містить близько 60 % виннокислих солей і йде безпосередньо на отримання винної кислоти, яка має велику цінність [1]. Винна кислота є незамінним хімічним продуктом для ряду найважливіших галузей індустрії (хімічна, кондитерська, текстильна, поліграфічна, безалкогольних напоїв, срібно-нікелева), в медицині, для військових потреб і т. д.

Отже, відходи виноробства є цінною вторинною сировиною, яка за раціонального використання має велике практичне значення. Їх переробка дозволяє отримувати корисні продукти, підвищує економічну ефективність виробництва та зменшує негативний вплив на довкілля. Тому комплексне використання відходів є важливим напрямом розвитку сучасного виноробства.

Список використаних джерел.

1. Ресурсозберігаючі технології в харчових і переробних виробництвах / Ю. Г. Сухенко, О. О. Серьогін, В. Ю. Сухенко, Н. В. Рябоконь. Київ : ЦП «КОМПРИНТ», 2016. 61 с.

2. Ковалевський К. А., Мамай О. І., Валько М. І., Сова А. О. Переробка відходів виноробства. *Dynamics of the development of world science.* Abstracts of the 5th International

scientific and practical conference. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2020. P. 565-570. URL: http://sci-conf.com.ua (дата звернення 20.01.2026).

3. Ковалевський К. А., Мамай О. І., Валько М. І., Кузьміна Т. О. Дослідження автолізату винних дріжджів. *Праці ТДАТУ.* 2021. Вип. 21, т. 1. С. 217-228.

4. Мамай О. І., Ковалевський К. А., Валько М. І., Кузьміна Т. О. Дослідження способів отримання і хімічного складу біологічно активних харчових добавок із вторинної сировини виноробства. *Праці ТДАТУ.* 2021. Вип. 21, т. 1. С.244-253.

УДК 667.613.2:631.3

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ СПРАЦЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ, ВУЗЛІВ, АГРЕГАТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН І АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

Денисенко М. І.*[1]*, к.т.н., доц.,
Лісовський Л. В.*[1]*, викл.,
Дев'ятко О. С.*[2]*, к.т.н., доц.
[1]*ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»,*
[2]*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна*

Постановка проблеми. Якість сільськогосподарських машин і знарядь визначається їх експлуатаційною надійністю і довговічністю. Проблема довговічності і надійності сільськогосподарських машин та автотракторної техніки тепер є однією з першорядних завдань у боротьбі за підвищення продуктивності машин та зниження собівартості виробленої продукції. На сьогодні розроблено близько 200 технологій формування захисних покриттів, котрі використовуються в різних галузях машинобудування та інструментальній промисловості, забезпечуючи конкурентоздатність машин і механізмів, що працюють в різних умовах технічної експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При взаємодії з ґрунтом робочі органи ґрунтообробних і садильних машин зазнають інтенсивного абразивного зношування. Від технічного стану леза робочого органу сільськогосподарської машини залежать такі показники роботи, як ступінь підрізання бур'янів, стійкість ходу робочих органів за глибиною, середня глибина культивації, опір руху. Крім того, робочі органи сільськогосподарських машин експлуатуються в умовах хімічно абразивного середовища, що зв'язано з додаванням в ґрунт різноманітних добрив та наявності в нього вологи. Отже, завдання полягає в тому, щоб значно підвищити довговічність робочих органів ґрунтообробних та інших сільськогосподарських машин. Процеси зношування металів при взаємодії з абразивними середовищами є предметом дослідження багатьох авторів і творчих колективів як у нашій країні, так і за кордоном. Ряд дослідників [1,2] вважають, що механізм абразивного зношування є простим, і полягає в нанесенні на поверхню тертя великої кількості мілких подряпин. Б.І. Костецький стверджує, що за малої різниці твердості металу і абразиву, зношування поверхонь (тертя по ґрунту), можливе за рахунок утворення і руйнування оксидних плівок, але і в цьому випадку ведучим процесом є пластична деформація. В нормальних умовах експлуатації зношування ріжучих елементів ґрунтообробних машин відбувається шляхом пластичної деформації, активізації поверхневого шару металу і взаємодії його з активними компонентами середовища, утворення вторинних послаблених структур та їх руйнування Методи підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин, що використовуються при їх виготовленні можливо розділити на наступні основні групи: зміна хімічного стану і властивостей матеріалу; термічна обробка, поверхневе хіміко-

термічне зміцнення; наплавлення твердими сплавами. Так одним з способів досягнення високої зносостійкості є застосування твердих сплавів. Тверді сплави все частіше використовуються у якості конструкційного матеріалу для відновлення спрацьованих деталей вузлів тертя і ріжучого інструмента. Вони складаються з карбідів і зв'язуючої фази та виготовляються методами порошкової металургії. Наявність в наплавленому шарі карбідів тугоплавких металів (TiC, NbC, VC, WC, MoC) підвищує твердість і зносостійкість метала, що у свою чергу збільшує термін служби роботи робочих органів сільгосптехніки. Наприклад, карбід титана володіє найбільш високою температурою плавлення, а також твердістю з всіх широко застосованих для легованих карбідів тугоплавких металів. В процесі відновлення зношених деталей число виробничих операцій скорочується в 5-8 разів у зрівнянні з виготовленням нових деталей. При цьому довговічність виготовлених деталей може досягати рівня нових, а собівартість їх складає 40-70% від вартості нових деталей.

Мета досліджень. Розробка і вдосконалення конструкцій робочих органів сільськогосподарських машин, інноваційні технології зміцнення, відновлення та виготовлення зносостійких деталей робочих органів сільськогосподарської техніки.

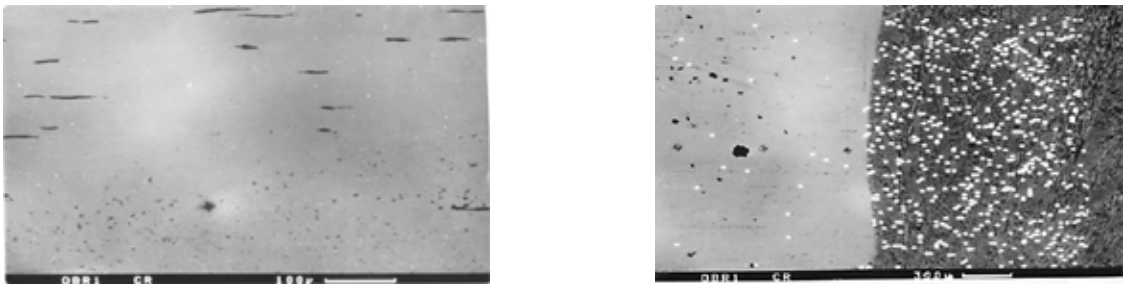
Викладення основного матеріалу дослідження. Технологічні методи зміцнення поверхневих шарів деталей машин, забезпечуючи зміну їх механічних і фізико-хімічних властивостей, відіграють важливу роль у підвищенні зносостійкості і довговічності деталей машин. Використання різних методів зміцнення у поєднанні з конструктивними засобами дозволяє створити при роботи пар тертя такі умови, за яких утворюється явище структурного пристосування матеріалів при терті, що обумовлює динамічну рівновагу і саморегулювання процесів активації і пасивації поверхневих шарів [10].

Нанесення покриттів забезпечує міцність ріжучої кромки леза робочого органу, ефективне виведення тепла із зони різання, демпфірування та зменшення вібраційних явищ, причому карбідні покриття мають більшу ефективність, ніж нітриди. Одним із ефективних методів досягнення високої зносостійкості є використання твердих сплавів, наприклад карбідів тугоплавких металів. Крім того, зносостійкість наплавочних матеріалів суттєво залежить від типу і кількості карбідної фази у сплавах. Частіше всього зміцнюючи фаза повинна мати такі карбіди: Fe_3C; Mn_3C; Cr_7C; W_2C; WC; VC; TiC; B_4C; Mo_2C, та інші, а також карбоборіди, нітриди заліза і легуючі елементи. В теперішній час, у вузлах тертя машин використовують металеві, неметалеві і композиційні матеріали, монолітні і поруваті, що мають гомогенну, так і гетерогенну структуру. Методи порошкової металургії дозволяють синтезувати матеріли, різними за складом, структурою, функціональними властивостями і економічністю, що відкриває широкі можливості для їх використання у вузлах тертя машин. З матеріалів VIII групи Періодичної системи елементів, широко використаних у якості цементуючих зв'язок при отриманні твердих сплавів, найбільш дешевим і недефіцитним є залізо. Характеристики міцності порошкових композиційних матеріалів підвищуються при легуванні залізної основи сплаву. Однією з найпоширеніших легуючих добавок є хром. Вироби з карбідо хромових сплавів одержують із суміші порошків карбіду хрому Cr_3C_2 і нікелю пресуванням і спіканням у захисному середовищі при температурі вище 1200^oC. Вміст нікелю може становити 5-40%. Для деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, вибираємо з малим вмістом нікелю, які забезпечують високу твердість і стійкість проти спрацювання.

Таким чином, для покриттів, призначених для нанесення на поверхні тертя робочих органів, важливо не тільки склад, структура, фізико-механічні властивості, але і тривалість роботи покриттів на контактних ділянках до моменту їх руйнування (довговічність в процесі виробничої експлуатації. Треба відмітити, що для композиційних нано покриттів між фазові і границі між зернами є ділянкою інтенсивної дисипації енергії та відхилення тріщин від напрямку руху, часткового або повного їх гальмування, що призводить до зміцнення поверхні. Тому покриття з нанорозмірною структурою і багатошаровою конструкцією мають суттєво більш довготривалий термін роботи до руйнування. В цьому випадку не має чіткої межі розділу між робочим шаром і основою (рис.1).В нашій роботі розроблено композиційні порошкові матеріали з порошкових сумішей КХЖ50 і КХЖ85 і ножі подрібнюючого барабану

кормозбирального комбайну КПІ-2,4.та інших марок. Виробничі випробування показали, що виготовлення робочих органів кормозбиральних комбайнів (рис.2.) з шаровою робочою частиною КХНФ15 забезпечує ефект самозагострювання за рахунок регулюючої різниці та зносостійкості робочих граней та серцевини (табл.1).

Для рішення даного питання була запропонована ідея використання в якості матриці матеріалу карбіду хрому з високими релаксаційними і демпфуючими властивостями, що проявляються в процесі навантаження деталі за рахунок структурно-фазових перетворень. Використання такого типу матричного матеріалу дозволяє використати в якості фази зміцнення карбід титану, і відмовитися від використання дефіцитного карбіду вольфраму.



а б

а – сталь 65 Г після СВЧ; *б* – композиційний матеріал КХЖ-50, х1000

Рис. 1. Глибина проникнення хрому на межі розділу (покриття-основа)

Співставлення властивостей сплавів карбід хрому-залізо і карбід хрому-нікель показує, що для досягнення однакових значень твердості, міцності при згині і ударної в'язкості, масова частка карбіду хрому у сплавах з залізною зв'язкою повинна бути у 1,5-2 рази нижче, ніж у сплавах з нікелевою. Взаємодію титану з карбідом хрому при спіканні досліджували в роботі [2], автори якої встановили, що у спеченому матеріалі утворюється нова фаза-TiC. Розчинення карбіду хрому відбувається в інтервалі температур від 950 до 1250^{o} С. При використанні у суміші з титаном частинок карбіду хрому (частинки менше 20 мкм), в цьому ж інтервалі температур проходить дисоціація карбіду хрому і утворення карбіду титану в місцях концентрації вуглецю. Для утворення карбіду титану наявність пори не обов'язково.

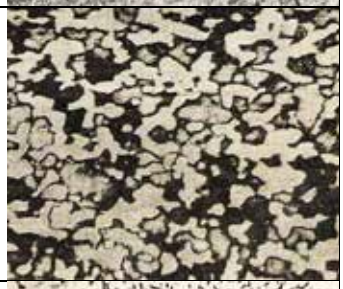
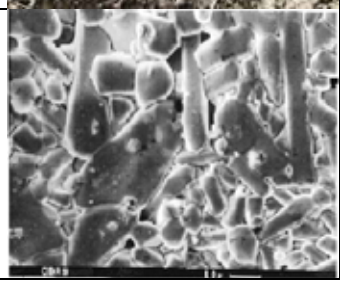
Для багатошарових покриттів, що складаються з фаз і компонентів, побудова фазових діаграм дозволяє встановити скільки фаз, і які конкретно фази утворюють систему при даних значеннях параметрів поверхні тертя.

Висновки. 1. Одним із методів підвищення довговічності та відновлення деталей робочих органів сільськогосподарських машин і автотракторної техніки є використання шарових композиційних матеріалів, отриманих методами порошкової металургії.

2. На формування структурно-фазового складу і властивостей шарового композиційного матеріалу чинять вплив вуглець і хром. Співвідношення концентрації хрому і вуглецю визначає тип карбідної фази.

Таблиця 1

Технологія виготовлення ножів подрібнюю чого барабану

№ Найменування	Особливі властивості	Користь для споживача	Знімок під мікроскопом
1 *Основа ножа* Сталь 65Г, сталь 45, сталь, Ст.3 ;	на ньому розташована ріжуча зона; володіє максимальною в'язкістю, оскільки складається з високоміцної покращеної ножової сталі, що має багатократну термічну обробку	більш високий ресурс, менше риск поламки	
2 **Ріжуча зона**	утворює ріжучу крайку ножа і несе на собі твердосплавне покриття; зазнає гарту струмами високої частоти з метою досягнення оптимальної твердості леза при збереженні його максимально можливої в'язкості	зниження витрат на загострювання	
3 **Зона зв'язку покриття з основою**	вільний від пор і дуже тонкий зв'язуючий шар (матриця) сполучає твердосплавне карбідне покриття із загартованими матеріалами основи	перешкоджає відшаровування окремих фрагментів покриття	
4 **Карбідне покриття з втіленим в нього твердо - сплавним матеріалом**	захищає ріжучу крайку від зносу і утворює нарощену зону ножового леза; забезпечує «ефект самозагострювання»	скорочення витрат часу на загострювання при зберіганні точного різання	

Список використаних джерел.

1. Канівець І. Д. Підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ.: Промінь, 1968. 62 с.

УДК 631.363.22:531.3

РОЛЬ ЛОКАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ У ВИНИКНЕННІ ЗАСТІЙНИХ ЗОН ПРИ ЗМІШУВАННІ КОРМІВ

Купчук І. М., к.т.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Вступ. Процеси змішування кормових матеріалів є ключовим етапом технології приготування повнораціонних кормових сумішей, оскільки саме на цьому етапі формується просторовий розподіл компонентів, що безпосередньо впливає на поживну цінність та однорідність раціону. У класичних підходах до аналізу процесу змішування основна увага приділяється кінематичним характеристикам робочих органів, геометрії змішувальних камер

та інтенсивності макроскопічних потоків матеріалу [1, 2].

Формування застійних (так званих «мертвих») зон у робочому об'ємі змішувачів зазвичай пояснюється конструктивними причинами: наявністю геометричних кутів, нераціональною формою бункера, недостатньою частотою обертання або неправильним розташуванням робочих органів. Однак експериментальні спостереження та аналіз результатів експлуатації вертикальних кормозмішувачів показують, що застійні зони можуть виникати навіть у геометрично симетричних конструкціях і за режимів, які формально відповідають рекомендованим [3].

Це свідчить про наявність більш фундаментальної причини, пов'язаної не лише з геометрією або кінематикою, а з внутрішньою механікою деформування кормових матеріалів у процесі змішування. У зв'язку з цим актуальним є дослідження механізмів формування застійних зон з позицій просторової нерівномірності локальних деформацій у матеріальному середовищі, оскільки такий підхід дозволяє пояснити їх виникнення навіть у геометрично симетричних змішувачах.

Метою роботи є встановлення закономірностей формування застійних зон у процесі змішування кормових матеріалів на основі аналізу просторової нерівномірності локальних деформацій, що створює наукове підґрунтя для підвищення ефективності гомогенізації сумішей.

Процес змішування багатокомпонентних кормових матеріалів у вертикальних змішувачах слід розглядати як складний механіко-технологічний процес, у межах якого поєднуються макроскопічні переміщення матеріального масиву та локальні деформаційні явища, зумовлені міжчастинковими взаємодіями та контактом матеріалу з робочими поверхнями. З позицій механіки гранульованих і деформівних середовищ ефективність гомогенізації визначається не стільки абсолютними швидкостями руху, скільки інтенсивністю, просторовим розподілом і часовою повторюваністю зсувних деформацій, яким піддається матеріал у процесі змішування [1, 2].

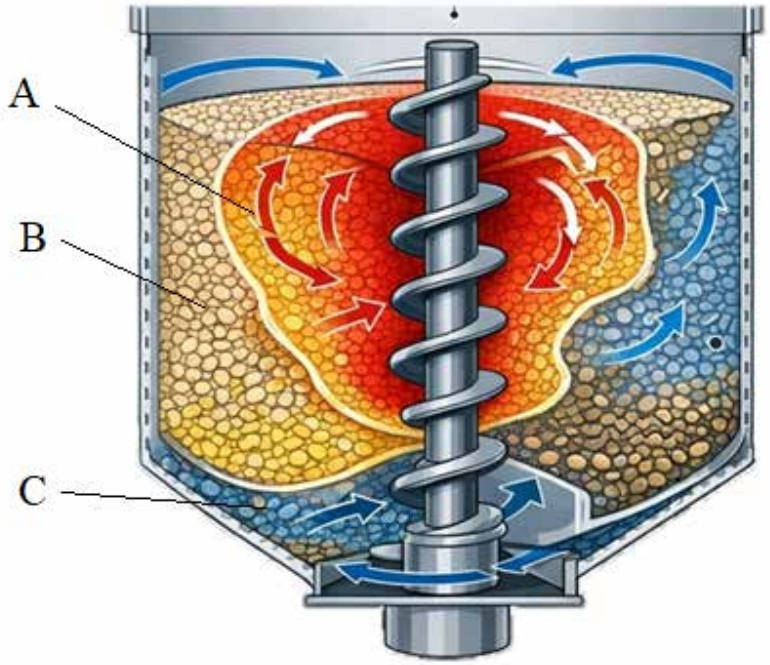
У симетричних вертикальних змішувачах з центральним шнековим робочим органом деформаційний стан матеріального середовища має осесиметричний характер. Максимальні градієнти швидкостей і, відповідно, інтенсивність зсувних деформацій реалізуються в зоні безпосередньої взаємодії матеріалу з витками шнека. У міру віддалення від осі обертання інтенсивність локальних деформацій закономірно зменшується внаслідок зниження відносних швидкостей між шарами матеріалу, зростання ролі квазіжорсткого переміщення масиву та часткового екранування деформаційного впливу активної зони [3]. Це зумовлює формування радіально неоднорідного поля деформацій навіть за повної геометричної симетрії конструкції та сталих кінематичних параметрів процесу.

З механіко-технологічної точки зору процес змішування доцільно інтерпретувати через сукупність зон, що відрізняються рівнем і характером локальних деформацій. У центральній частині робочого об'єму матеріал зазнає багаторазових зсувних деформацій, інтенсивність яких перевищує критичний рівень, необхідний для руйнування агрегованих і волокнистих структур та активного перерозподілу компонентів. У проміжних ділянках деформації мають ослаблений і нестійкий у часі характер, унаслідок чого матеріал лише періодично переходить у режим ефективної деформаційної активації. У периферійних зонах поблизу стінок бункера та в донній частині об'єму локальні деформації мають недостатню інтенсивність, що зумовлює квазіжорстке переміщення матеріалу або його локальне ущільнення без істотного зсуву.

Застійну зону доцільно трактувати не як фіксовану геометричну область, а як деформаційно неактивну частину робочого об'єму, у межах якої не реалізуються умови для ефективного руйнування структури матеріалу та перерозподілу компонентів. За таких умов застійні зони можуть мати динамічний характер, змінюючи своє положення та форму залежно від фаз циркуляції матеріалу та локальної деформаційної активації окремих об'ємів.

Наведена схема (рис. 1) ілюструє принципову відмінність між геометричним і механіко-технологічним підходами до аналізу процесу змішування. Навіть за відсутності геометричних перешкод зона критично низьких деформацій може зберігатися протягом тривалого часу,

якщо відповідні об’єми матеріалу не залучаються до циклів активного зсуву. Практично це проявляється у появі застійних зон у конструктивно досконалих і симетричних змішувачах, у низькій відтворюваності показників гомогенності за формально однакових режимів роботи, а також в обмеженій ефективності простого підвищення частоти обертання без зміни деформаційної структури процесу.



A – Зона інтенсивних деформацій; B – Проміжна зона; C – Застійна зона

Рис. 1. Схема осесиметричного розподілу локальних деформацій у робочому об’ємі вертикального змішувача

Додатковим чинником, що може підсилювати та стабілізувати області дефіциту локальних деформацій, є неоднорідність механіко-реологічних властивостей компонентів кормової суміші. Як показано у роботах [4, 5], кормові матеріали характеризуються різними реологічними станами – фрикційним, когезійним, в’язкопластичним і волокнистим, що зумовлює істотно різну реакцію на однакові зсувні навантаження. У ділянках, збагачених волокнистими або структурно зв’язаними фракціями, локальний опір зсуву є підвищеним, унаслідок чого за однакових кінематичних умов інтенсивність деформацій зменшується, а матеріал переходить у квазіжорсткий режим переміщення.

Таким чином, неоднорідність реологічних властивостей компонентів не є первинною причиною формування деформаційних зон, однак виступає підсилювальним чинником, що сприяє стабілізації застійних областей і пояснює низьку відтворюваність результатів змішування за формально однакових режимів. Запропонований деформаційний підхід обґрунтовує доцільність керування деформаційними зонами в робочому об’ємі, а не лише параметрами руху робочих органів.

Висновки. Встановлено, що характер формування застійних («мертвих») зон у вертикальних змішувачах визначається просторовою структурою локальних деформацій у робочому об’ємі, а не лише кінематичними параметрами процесу. Показано, що навіть за осесиметричних умов у матеріальному середовищі виникають області з критично низькою інтенсивністю зсуву, які обмежують залучення окремих об’ємів до активних деформаційних циклів.

Обґрунтовано, що неоднорідність механіко-реологічних властивостей компонентів кормової суміші не є первинною причиною виникнення таких областей, проте сприяє їх стабілізації та зниженню відтворюваності результатів змішування. Отримані результати підтверджують доцільність переходу від суто кінематичного аналізу до керування деформаційною структурою процесу як основи підвищення ефективності гомогенізації.

Список використаних джерел.

1. Ottino J. M. *The kinematics of mixing: stretching, chaos, and transport*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 364 p.
2. Bridgwater J. Fundamental powder mixing mechanisms. *Powder Technology*. 1976. Vol. 15, No 2. P. 215-236. https://doi.org/10.1016/0032-5910(76)80051-4
3. Nedderman R. M. *Statics and kinematics of granular materials*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 352 p.
4. Schulze D. *Flow properties of powders and bulk solids*. Braunschweig: Ostfalia University of Applied Sciences, 2008. 512 p.
5. Купчук І. М. Фізико-механічні та реологічні властивості кормових матеріалів і їхнє значення для процесів змішування у тваринництві. *Сучасні технології та технічний сервіс: виклики і можливості* : матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Кам'янець-Подільський : Подільський державний університет, 2025. С. 90–93.

UDC 631.363:631.331.2:004.942

SIMULATION OF A Y-SHAPED MIXER FOR FEED PREMIXES

Ponomarenko R., PhD student,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

The intensification of feed production technologies is closely associated with improving the quality and uniformity of feed premixes. Premixes typically contain biologically active additives – vitamins, minerals, enzymes, and trace elements-introduced in small quantities. Even minor deviations in their spatial distribution can lead to nutritional imbalances, reduced productivity, and increased feed costs. Therefore, achieving a high and stable degree of homogeneity within a short processing time remains a critical engineering challenge [1, 2].

Conventional feed mixers, including drum, screw, and paddle designs, are widely used in premix production. However, their performance is often limited when processing heterogeneous mixtures with contrasting physical and mechanical properties. These limitations stimulate the search for alternative mixer configurations capable of generating more complex particle flow patterns and intensifying convective and dispersive mixing mechanisms.

Y-shaped mixers represent a class of non-traditional mixing devices characterized by branched geometries that split and subsequently merge particle streams. Such configurations promote repeated separation and recombination of material flows, potentially accelerating homogenization. Despite their promising features, Y-shaped mixers remain insufficiently studied for feed premix applications, particularly from the standpoint of quantitative numerical analysis.

Numerical simulation methods, especially the Discrete Element Method (DEM) and its coupling with Computational Fluid Dynamics (CFD), have become powerful tools for investigating granular mixing processes. These approaches allow detailed analysis of particle trajectories, collision dynamics, flow structures, and mixing kinetics without extensive experimental costs. Therefore, the application of CFD–DEM modeling to Y-shaped feed mixers is both timely and relevant [3, 4].

Over the past decade, DEM-based modeling has been extensively applied to the analysis of granular mixing in various types of mixers. Studies have examined the effects of rotational speed, filling level, particle size distribution, density ratio, and friction coefficients on mixing efficiency. CFD–DEM coupling has further expanded these capabilities by accounting for gas–particle interactions, which may influence particle motion even in mechanically driven mixers [5, 6].

For feed premixes, numerical studies have demonstrated that mixing efficiency strongly depends on mixer geometry and operating conditions. V-shaped and double-cone mixers have been

shown to provide improved homogenization compared to simple cylindrical drums due to periodic splitting and merging of particle flows. However, most existing studies focus on traditional geometries, while branched and multi-stream configurations have received limited attention.

Research conducted in powder technology, pharmaceutical engineering, and fertilizer production suggests that branched mixers can significantly enhance convective mixing. Parameters such as branch angle, cross-sectional ratio, and mixer length play a decisive role in determining flow stability, turbulence intensity, and the occurrence of stagnant zones. Nevertheless, the transfer of these findings to feed premix production is not straightforward, as premixes often exhibit higher segregation tendencies and complex contact interactions.

Consequently, there is a clear need for systematic numerical studies that quantify the influence of Y-shaped mixer geometry and operating regimes on mixing performance, supported by statistical analysis and optimization procedures.

The aim of this study is to identify the governing regularities of the mixing process in a Y-shaped feed premix mixer using numerical simulation and to evaluate its efficiency.

The specific objectives are:

- to develop a CFD–DEM model of the mixing process in a Y-shaped mixer;
- to analyze particle flow patterns and mixing kinetics;
- to assess the influence of geometric and operational parameters on the time required to achieve the target uniformity;
- to construct regression models describing these dependencies;
- to determine rational mixer parameters through compromise optimization.

Numerical simulations were performed in Simcenter Star-CCM+ using a three-dimensional transient CFD–DEM framework. The gas phase was modeled as air with constant density, while solid premix components were represented by spherical particles with a diameter of 1 mm and a density of 1200 kg/m^3. Particle–particle and particle–wall interactions were described using the Hertz–Mindlin contact model, accounting for elasticity, friction, and restitution.

The Y-shaped mixer geometry allowed variation of four key factors: branch length (L), branch diameter (D), branch convergence angle (γ), and rotational speed (n). Each factor was investigated at three levels, resulting in a full-factorial numerical experiment. The simulation time included a loading stage followed by an intensive mixing stage.

Mixture uniformity was evaluated using a homogeneity coefficient calculated from sampled mass fractions of two components collected at five control points within the mixer. The criterion of process efficiency was defined as the time τ required to reach a uniformity level of 0.95.

Visualization of the simulation results revealed complex multi-stream particle trajectories characteristic of Y-shaped mixers. In the branch convergence zone, particle streams interacted intensively, leading to enhanced convective mixing and frequent collisions. Zones of acceleration and deceleration were observed, reflecting the redistribution of kinetic energy within the system.

The time evolution of the uniformity coefficient exhibited three distinct stages: loading, intensive mixing, and final homogenization. During the intensive stage, rapid growth of uniformity was observed due to strong circulation and turbulence-like particle motion.

Regression analysis showed that rotational speed and branch convergence angle exert the strongest influence on mixing time. Increasing rotational speed significantly reduced τ by intensifying particle circulation; however, excessive speeds led to diminishing returns due to flow stabilization and partial segregation. Similarly, larger convergence angles enhanced mixing up to an optimal range, beyond which efficiency gains were limited.

Branch diameter and length demonstrated weaker but nonlinear effects. Moderate increases in diameter facilitated flow circulation, while excessive values promoted the formation of stagnant zones. Longer branches slightly increased mixing time due to extended particle travel paths.

Cross-factor interactions confirmed the complex interdependence between geometry and operating conditions, emphasizing the necessity of integrated optimization.

A compromise optimization problem was formulated to minimize mixing time while simultaneously increasing the effective volume of the mixer. The optimal parameter set was identified

as:

- branch length L = 371 mm,
- branch diameter D = 186 mm,
- convergence angle γ = 46°,
- rotational speed n = 22 rpm.

Under these conditions, the target uniformity level was achieved in 69 seconds, demonstrating a favorable balance between efficiency and capacity.

The numerical simulation of feed premix mixing in a Y-shaped mixer has demonstrated the strong potential of branched geometries for process intensification. The study established quantitative relationships between geometric parameters, operating regimes, and mixing efficiency. Rotational speed and branch convergence angle were identified as the dominant factors influencing homogenization time, while branch diameter and length exhibited secondary nonlinear effects.

The obtained results provide a scientific basis for the rational design of Y-shaped feed mixers and confirm the effectiveness of CFD–DEM modeling combined with statistical analysis and optimization. Future research should focus on multi-component premixes with differing particle properties, the inclusion of adhesion and moisture effects, and experimental validation of the numerical findings.

Reference.

1. Jin X. DEM study on the mixing behaviour of U-shaped ribbon mixers (PhD thesis, University of New South Wales, Faculty of Engineering). 2022. https://doi.org/10.26190/unsworks/24134

2. Lee S. J., Hwang S.-Y. Comparative Study to Evaluate Mixing Efficiency of Very Fine Particles. Applied Sciences, 2025, 15(15), 8712. https://doi.org/10.3390/app15158712

3. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 2023. 340 с. https://doi.org/10.31073/978-966-540-584-9

4. Aliiev E., Pavlenko S., Golub G., Bielka O. Research of mechanized process of organic waste composting. *Agraarteadus.* 2022. T. XXXIII (1). P. 21–32. https://doi.org/10.15159/jas.22.04

5. Алієв Е. Б., Кошулько В. С., Кочережко Н. В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів роторного змішувача комбікормів періодичної дії. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2023. № 3(122). С. 5–13. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-3-1

6. Shevchenko I. Aliiev E. Improving theefficiency ofthe process ofcontinuous flowmixing of bulkcomponents. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 6/1 (108). P. 6-13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.216409

Supervisors: Aliiev E. B., D. Sc. (Eng.), Senior Researcher

УДК 631.364.6

АНАЛІЗ І НАПРЯМИ РОЗВИТКУ МАШИН ДЛЯ МЕХАНІЧНОГО ФРАКЦІОНУВАННЯ СУХОЇ ЛИСТОСТЕБЛОВОЇ МАСИ

Сімаков О. О., аспірант
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Сухе фракціонування включає в себе наступні операції: скошування у валок, польове сушіння і подальше розділення сіна на листову та стеблову фракції (рис. 1). Листова фракція легко засвоюється і є джерелом білка і протеїну для жуйних тварин, в той час як стеблова фракція багата лігніном, окрім згодовування після подрібнення і волого–теплової обробки,

може використовуватися на паливно–енергетичні цілі, зокрема, для виготовлення паливних брикетів [1].

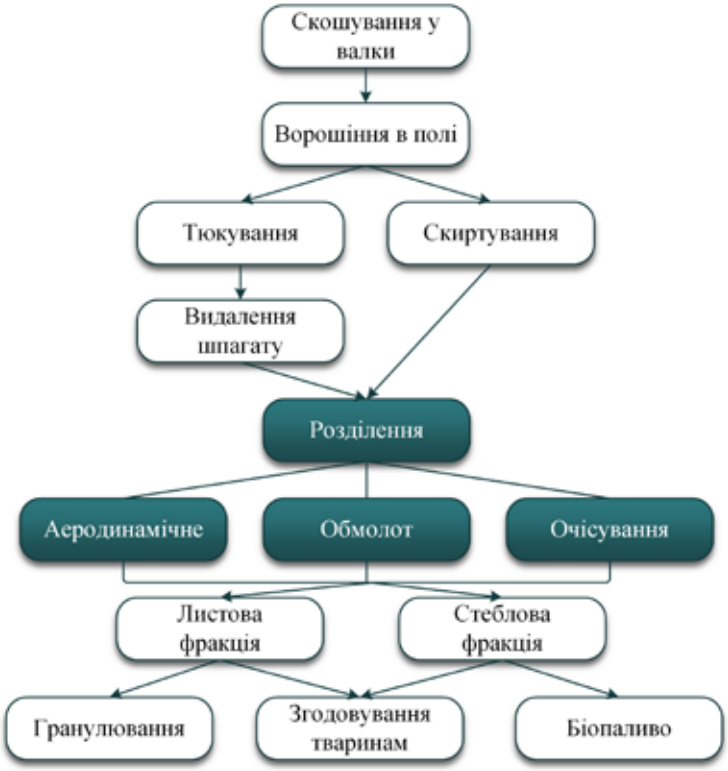


Рис. 1. Загальна технологічна схема фракціонування сухої листостеблової маси

Сепаратор з вертикальним повітряним потоком зигзагового типу призначений для фракціонування сухої подрібненої листостеблової маси за аеродинамічними властивостями частинок. Принцип дії установки ґрунтується на використанні висхідного повітряного потоку та багаторазовій взаємодії матеріалу з повітряним середовищем у каналі з ламаною (зигзагоподібною) геометрією [2].

У процесі роботи легкі частинки з підвищеною парусністю (листова фракція) захоплюються повітряним потоком і виносяться у верхню частину апарата, тоді як важчі частинки (стеблова фракція) осідають на перегородках і під дією сили тяжіння виводяться через нижній патрубок. Багатоступенева взаємодія частинок з повітряним потоком підвищує стабільність та ефективність процесу фракціонування порівняно з простими вертикальними аспіраційними шахтами.

Перевагами зигзагових сепараторів є компактність, відсутність рухомих робочих органів у зоні сепарації та можливість регулювання якості розділення зміною швидкості повітряного потоку. Недоліками залишаються необхідність попереднього подрібнення сировини, чутливість процесу до вологості матеріалу та підвищена енергоємність.

Машина OGK 1003-A (рис. 2) розроблена фірмою «Euro Prima d.o.o.» (Сербія) для відокремлення голівок суцвіття ромашки від стебел і пилу з продуктивністю 50–200 кг/год. у залежності від матеріалу, має масу 400 кг при довжині 2080 мм, ширині 1090 мм та висоті 2040 мм [3].

Вона виконана на мобільній платформі і складається з рами, на якій змонтований корпус з завантажувальним бункером, зверху якого розташовано перфорований екран, який встановлений над ротором діаметром 170 мм. Під корпусом розміщено похиле вібруюче решето з жолобками для виходу певної фракції. Обертання ротора і коливальний рух похилого решета приводиться в дію двигуном потужністю 1,1 кВт, встановленим на рамі.

Рис. 2. Машина для розділення зібраної сухої ромашки на стебла та суцвіття OGK 1003-A

Машина працює таким чином. Зібрану суху ромашку завантажують у приймальний бункер. З бункера маса потрапляє у зазор між ротором і ножами. Регулювання цього зазору дає можливість налаштування чистоти розділення. Оброблена маса потрапляє на спеціальне похиле решето з якого по жолобкам одержуються дві фракції; головки суцвіття і стебла з пилом.

Листообдирна машина типу Stem–Leaf Separator призначена для відокремлення листової фракції від стебел сухої люцерни та інших кормових трав з використанням механічного впливу. Подібні установки застосовуються у спеціалізованих технологічних лініях переробки сухої люцерни [4].

У процесі роботи суху люцерну подають у робочу камеру, де під дією механічного стискання, тертя та ударів відбувається руйнування зв'язку листя зі стеблами. Листова фракція відокремлюється та виводиться окремо, тоді як стеблова частина спрямовується на подальше використання або переробку. Установки цього типу характеризуються спрямованістю на обробку люцерни та обмеженою універсальністю щодо інших видів сировини.

Машина для фракціонування сіна Rebler LGU 200 шляхом очісування листової складової, яка виробляється фірмою «Euro Prima d.o.o.», виконана пересувною і складається з рами, встановленої на колесах. На рамі закріплено корпус, у верхній частині якого розташовано приймально–завантажувальний бункер, під яким розташовані сепараційні барабани. Привод механізмів фракціонера виконується від електромережі [5].

У процесі роботи суху листостеблову масу завантажують у приймальний бункер, звідки вона подається до обмолотного ротора. Під дією механічних ударів та тертя відбувається відокремлення листя від стебел. Отримана суміш листової та стеблової фракцій потребує подальшого розділення на сепараційних пристроях.

Проведений аналіз показав, що аеродинамічні, обмолотні та очісувальні машини для фракціонування сухої листостеблової маси реалізують різні фізичні механізми розділення, однак їх ефективність істотно обмежується неврахуванням комплексу фізико-механічних властивостей сировини, зокрема різниці міцності, гнучкості, крихкості та аеродинамічної поведінки листя і стебел.

Загальною проблемою для всіх розглянутих типів машин [2-5] є відсутність адаптивності робочих органів до змінних властивостей сухої листостеблової маси, що зумовлює компроміс між якістю фракціонування, продуктивністю та енергоємністю. У зв'язку з цим подальший розвиток технічних засобів доцільно спрямувати на створення комбінованих машин, у яких поєднуються дозований механічний вплив, аеродинамічне розділення та кероване фракціонування, з можливістю регулювання параметрів процесу залежно від властивостей сировини.

Реалізація зазначених інженерних підходів створює передумови для розроблення нових типів машин, здатних забезпечити стабільне одержання високоякісної листової фракції з мінімальними втратами поживних речовин та зниженими енерговитратами, що є ключовою вимогою сучасних технологій кормовиробництва.

Список використаних джерел.

1. Спірін А. В., Твердохліб І. В., Купчук І. М., Побережець Ю. М. Обґрунтування енергоефективних режимів процесу досушування продуктів фракційної переробки люцерни. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. № 2 (113). С. 142–151.
2. Mykhailov Y., Zadosna N., Postnikova M., Pedchenko H., Khmelovskyi V., Bondar M., Ionichev A., Kozdęba M., Tomaszewska-Górecka W. Energy assessment of the pneumatic sieve separator for agricultural crops. *Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 25, No. 1. P. 147–155.
3. Adapa P. K., Schoenau G. J., Arinze E. A., Sokhansanj S. Fractionation of alfalfa into leaves and stems using a rotary drum dryer. *Biosystems Engineering*. 2005. Vol. 91, No. 4. P. 455–463.
4. Moiceanu G., Paraschiv G., Voicu G., Dinca M., Negoita O., Chitoiu M., Tudor P. Energy consumption at size reduction of lignocellulosic biomass for bioenergy. *Sustainability*. 2019. Vol. 11, No. 9. Art. 2477.
5. Gomes T. L. C., Lourenço G. A., Ataíde C. H., Duarte C. R. Biomass feeding in a dilute pneumatic conveying system. *Powder Technology*. 2021. Vol. 391. P. 321–333.

Науковий керівник: Купчук І.М., к.т.н., доц.

УДК 620.9:621.383.51:631](477)

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ФОТОГАЛЬВАНІЧНИХ МОДУЛІВ В АГРАРНИХ РЕГІОНАХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ДОСВІДУ NREL

Філіпович Є., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»,
Дяденчук А., к.т.н., доц.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Фотогальванічні системи (ФГС) в аграрних регіонах України працюють у середовищі з високою концентрацією пилу, ґрунтових частинок, органічних аерозолів та продуктів агротехнічних робіт. Забруднення поверхні модулів призводить до зниження генерації, прискорення деградації матеріалів та збільшення експлуатаційних витрат [1], тому виникає потреба у створенні системи моніторингу забруднення фотомодулів, адаптованої до аграрних умов України. У США подібні дослідження систематично проводяться Національною лабораторією відновлюваної енергетики (NREL), де створено мережу станцій оцінювання забруднення (soiling-станцій) та розроблено методики аналізу часових рядів забруднення. В Україні такі дослідження практично відсутні, що ускладнює прогнозування продуктивності ФГС у сільськогосподарських регіонах.

Метою даного дослідження є адаптація методології NREL до умов України та формування методичних рекомендацій для оцінювання забруднення та деградації фотогальванічних модулів у аграрному середовищі.

Методика NREL базується на використанні soiling-станцій, що складаються з двох ідентичних ФГ-модулів або комірок: чистого модуля, який регулярно очищується та забрудненого модуля, який не очищується [2]. Основним показником є коефіцієнт забруднення, швидкість його накопичення оцінюють регресійними методами в сухі періоди. Дані попередньо фільтрують за освітленістю, усереднюють до добових значень, згладжують ковзною медіаною та калібрують так, щоб початковий період мав $SRatio = 1$.

Аграрні регіони України характеризуються значною сезонною запиленістю, яка різко зростає під час оранки, посіву та збирання врожаю. Крім того, характерними є різкі температурні коливання, що впливають на термічну деградацію матеріалів. Сукупність цих

факторів формує унікальний профіль забруднення фотомодулів, суттєво відмінний від умов, у яких працюють американські станції NREL. Тому для українських умов пропонується створення мінімальної станції моніторингу, що складається з двох однакових фотогальванічних модулів, датчиків освітленості, температури та базових метеорологічних параметрів (рис. 1).

Рис. 1. Станція оцінювання забруднення сонячних модулів у польових умовах

Установку (рис. 1) доцільно розміщувати у відкритому аграрному середовищі, що забезпечує репрезентативність умов для регіонів з інтенсивним сільськогосподарським виробництвом. До її складу входять два сонячні модулі (чистий і забруднений) змонтовані на металевій рамі, а позаду розташовується метеорологічна станція з анемометром, сенсором освітленості та датчиками температури навколишнього середовища.

Первинні вимірювання нормуються за освітленістю, після чого формується добовий коефіцієнт забруднення, який визначається як відношення струмів короткого замикання чистого та забрудненого модулів [2]:

$$SRatio(i) = \frac{I_{sc,soiled(i)}}{I_{sc,clean(i)}}.$$

Подальша обробка включає фільтрацію за рівнем освітленості, згладжування короткою ковзною медіаною та калібрування початкового періоду. Сухі періоди визначаються за умовою опадів менше 0,5 мм/день, оскільки дрібні дощі в українських умовах не забезпечують повного очищення поверхні модулів. Швидкість накопичення забруднення оцінюється методом Тейла-Сена [3], стійким до шуму та випадкових коливань, і визначається як нахил зміни коефіцієнта забруднення у часі:

$$SRate = median\left(\frac{SRatio(t_j) - SRatio(t_i)}{t_j - t_i}\right),$$

де i та j – індекси вибірки, що відповідають двом різним моментам часу, з умовою $i < j$.

Забруднення впливає не лише на миттєву продуктивність, а й на довгострокову деградацію модулів. Нерівномірне освітлення та локальний перегрів прискорюють старіння матеріалів, а органічні та мінеральні частинки змінюють оптичні властивості поверхні. Тому результати моніторингу доцільно інтегрувати у моделі прогнозування ресурсу, де деградація розглядається як поєднання впливів забруднення, температурних процесів та фотостаріння. Такий підхід дозволяє оцінювати реальний стан модулів у аграрних регіонах України та прогнозувати їхню ефективність у довгостроковій перспективі.

Отримані результати обробки дозволяють сформувати детальні часові ряди забруднення та простежити характерні для аграрних регіонів України тенденції його накопичення. Аналіз таких даних дає змогу виявляти сезонні піки запиленості, оцінювати ефективність природного очищення під час опадів, визначати періоди підвищених ризиків для роботи фотомодулів та встановлювати зв’язок між забрудненням, температурними умовами й деградаційними

процесами. Сформована база спостережень створює підґрунтя для подальшого моделювання продуктивності ФГС та оптимізації стратегій їх обслуговування в реальних польових умовах.

Таким чином, методика NREL може бути ефективно адаптована для оцінювання забруднення та деградації фотогальванічних модулів в аграрних регіонах України. Запропонований підхід враховує кліматичні та технологічні особливості українських регіонів і дозволяє формувати достовірні профілі забруднення. Створення мережі українських soiling-станцій є перспективним напрямом розвитку досліджень у сфері відновлюваної енергетики та може стати основою для формування національної бази даних.

Список використаних джерел.

1. Цих В., Кульчак А., Яворський А. Аналіз досліджень впливу температури на деградацію та ефективність роботи сонячних панелей. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2024. № 2(76). С. 37-45.

2. Micheli L., Muller M. T., Deceglie M. G., Ruth D. Time series analysis of photovoltaic soiling station data: Version 1.0, august 2017. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States), 2017. №. NREL/TP-5J00-69131.

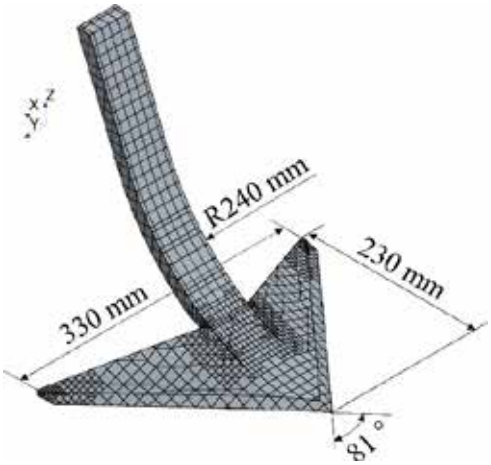
3. Sen P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. 1968. Vol. 63, No. 324. P. 1379–1389.

UDC 631.42:519.687

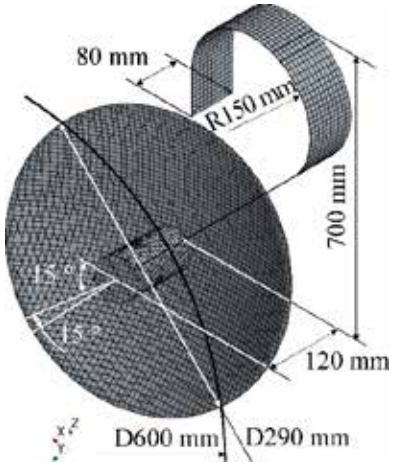
SIMULATION METHODOLOGY FOR SOIL-TOOL INTERACTION USING SIMCENTER STAR-CCM+

Tesliuk H., PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Belikov M., PhD student,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

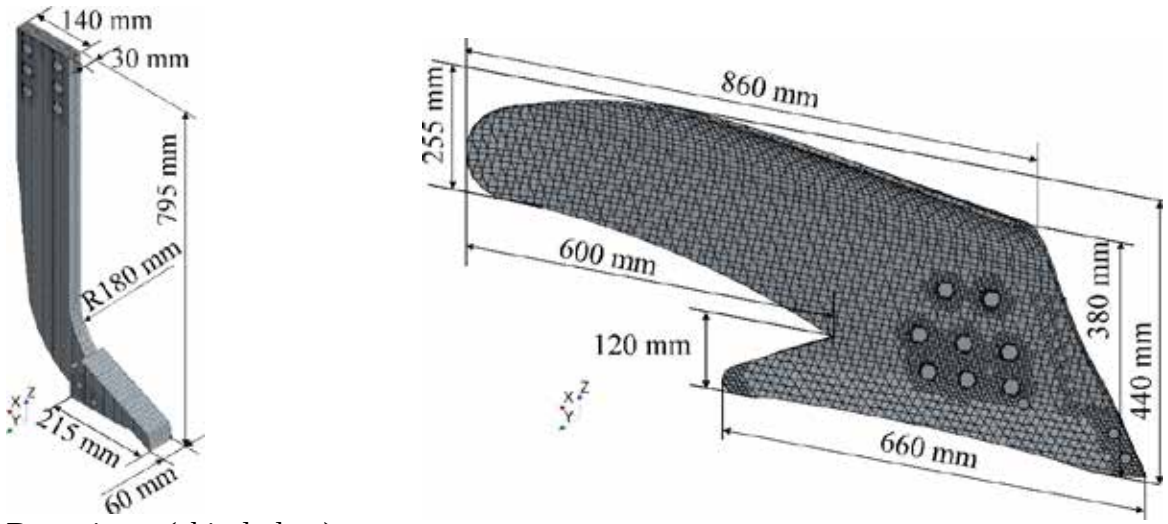
The study focuses on the simulation of interactions between agricultural soil-working tools and soil using Simcenter STAR-CCM+. Four common working tools were selected for analysis: the sweep cultivator blade, spring-tooth disc harrow, deep ripper (chisel plow), and moldboard plow. Geometric dimensions of the tools are presented in Figure 1.



Sweep cultivator blade



Spring-tooth disc harrow

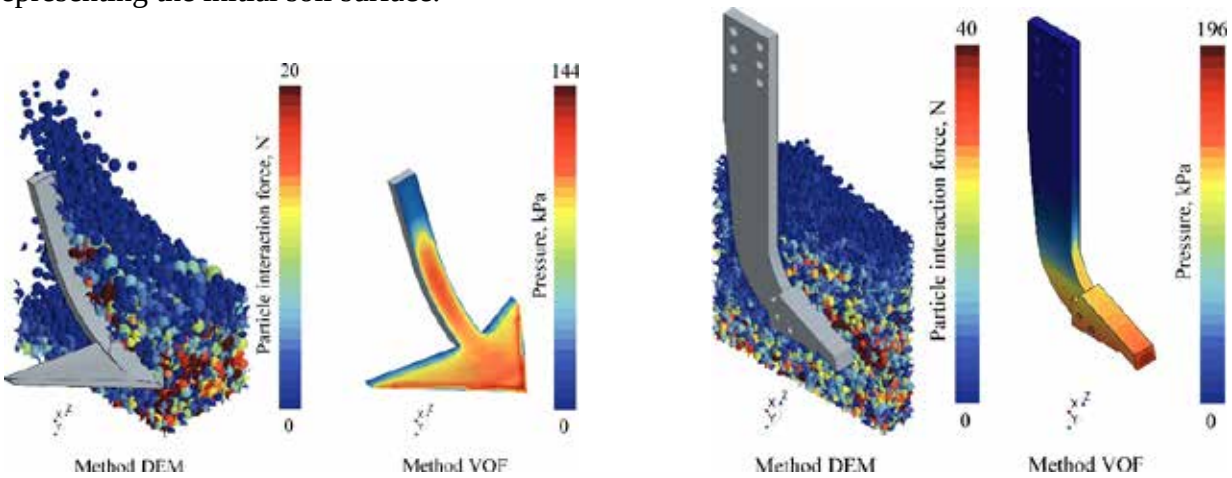


Deep ripper (chisel plow) Moldboard plow

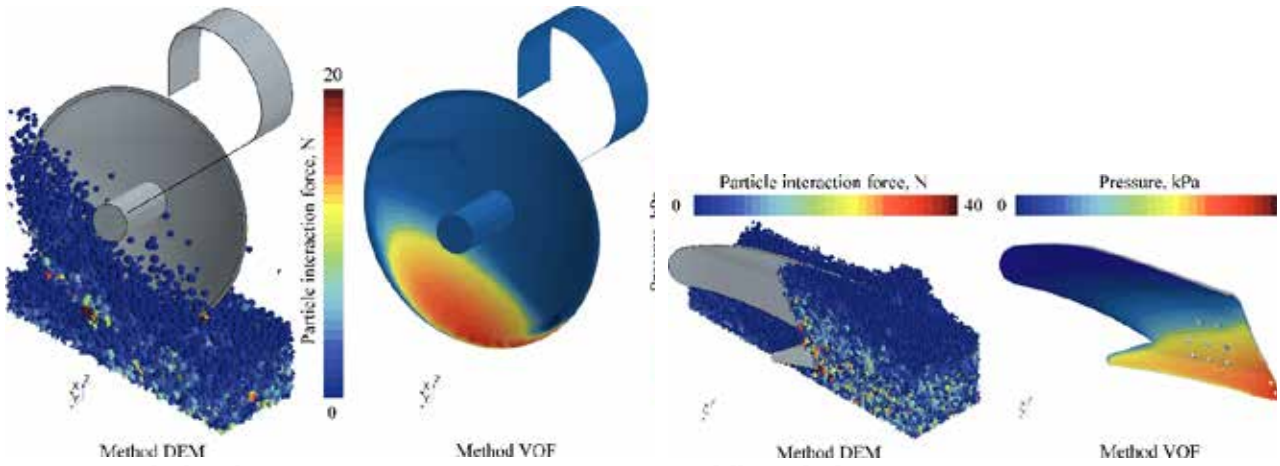
Fig. 1. Geometric dimensions and generated meshes of soil-working tools

In Simcenter STAR-CCM+, 3D models of the tools were converted into volume-surface meshes. Two meshing approaches were applied: surface mesh generator and trimmer mesh. The trimmer mesh uses a template of hexagonal cells that trims the base mesh according to the input surface geometry. The base mesh size was set to 0.01 m. Visualizations of the resulting meshes are shown in Figure 2.

VOF Simulation Setup. For the Volume of Fluid (VOF) method, the following physical models were applied: three-dimensional, unsteady implicit, multiphase flow, multiphase interaction, segregated flow, turbulence using the k-ε model, VOF method for free surface tracking, VOF waves, and gravity. Eulerian phases included air and soil. Air was modeled as a constant-density gas with turbulent flow properties (density 1.18415 kg/m³, dynamic viscosity 1.85508×10^{-5} Pa·s). Soil was modeled as a constant-density fluid with turbulence (density 1200 kg/m³, dynamic viscosity 105 Pa·s). The VOF wave model assumed a random surface irregularity ranging from -0.02 m to 0.02 m, representing the initial soil surface.



Sweep cultivator blade Deep ripper (chisel plow)



Spring-tooth disc harrow Moldboard plow

Fig. 2. Distributions of soil particle interaction forces according to the DEM method and pressure on the surface of the working tool according to the VOF method

DEM Simulation Setup. For the Discrete Element Method (DEM), three-dimensional, unsteady implicit, Lagrangian multiphase, and gravity models were applied. DEM soil particles were spherical, solid, and of constant density (1200 kg/m³). Mechanical properties were set as Poisson's ratio 0.41, Young's modulus 1.5×10^7 Pa, particle-particle friction coefficient 1.732, restitution coefficients 0.5, cohesion work 0.5 N/m. Particle-wall interaction coefficients were friction 0.61 and restitution 0.5. Particle size distribution followed a Gaussian distribution between 10–36 mm, arranged in 30 layers of 0.02 m thickness each.

Solver Parameters. Unsteady implicit solver parameters included a time step of 0.01 s, maximum 5 iterations per step, and first-order time discretization. Lagrangian multiphase Courant numbers were set between 0.2 and 0.5. Total simulation time was 10 s.

Simulation Results – Sweep Cultivator Blade. The interaction of the sweep blade with soil was simulated using both VOF and DEM. The working depth was 0.08 m at a velocity of 3 m/s. DEM simulation provided particle velocity distributions and interaction forces up to 20 N, while VOF simulations produced pressure distributions up to 144 kPa on the blade surface (Figures 2). VOF allows determination of soil ridge height, indicating soil looseness, whereas DEM enables analysis of individual particle trajectories and horizontal displacement layers. The combination of both methods provides a complete numerical description of soil-tool interaction, facilitating optimization of tool geometry to minimize wear and achieve uniform deformation.

Simulation Results – Spring-Tooth Disc Harrow. For the disc harrow, simulations were performed at a 0.18 m depth and 3 m/s velocity with a 15° disc angle. VOF allowed determination of soil height on the disc (0.19 m) and furrow depth (0.04 m), while DEM tracked particle movement and ridge formation post-disc passage (Figures 2). Both methods complemented each other in defining tool-soil contact forces and resistance.

Simulation Results – Deep Ripper (Chisel Plow). The chisel plow simulations considered 0.35 m working depth and 3 m/s velocity. DEM provided particle movement and ridge formation, while VOF indicated maximum ridge height of 0.05 m and pressure up to 196 kPa on the tool surface (Figures 2). These simulations allow calculation of soil deformation, stress distribution, and plow-soil interaction forces.

Simulation Results – Moldboard Plow. The moldboard plow was simulated at 0.3 m depth and 2 m/s. DEM revealed particle redistribution by size, while VOF provided pressure distribution, reaching 232 kPa (Figures 2). Both methods confirmed similar soil surface displacement and ridge formation patterns.

Comparisons with classical analytical models confirmed maximum interaction force values. Numerical methods offer significant advantages, such as force distribution mapping on tool surfaces and reduced computational time. VOF complements DEM by enabling pressure evaluation, while

DEM captures detailed particle dynamics. Hybrid Eulerian-Lagrangian approaches (Resolved Eulerian-Lagrangian Transition) can address soil aggregate fragmentation, combining VOF accuracy with DEM particle tracking efficiency.

The combined use of VOF and DEM in Simcenter STAR-CCM+ provides a robust framework for simulating soil-tool interaction. The methodology allows quantitative evaluation of soil displacement, force distribution, and tool optimization, which can be applied to real-field conditions after proper calibration of soil mechanical properties. The approach supports improved agricultural tool design, minimization of wear, and optimized soil loosening.

Reference.

1. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 2023. 340 с. https://doi.org/10.31073/978-966-540-584-9

2. Aliiev E., Tesliuk H., Puhach A., Kobets O., Zolotovska O., Boiko V. Improving the work process efficiency of a tillage module for pre-sowing tillage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 4(1 (124)). P. 60–71. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.284597

3. Kobets A., Aliiev E., Tesliuk H., Aliieva O. Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics*, 2023. Vol. 14(1). P. 9–23. https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.09

4. Алієв Е. Б., Теслюк Г. В., Бєлка О. В., Пацула О. М. Чисельне моделювання процесу роботи ґрунтообробного модуля для передпосівного обробітку ґрунту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2023. Vol. 34. P. 132–145. https://doi.org/10.36710/IOC-2023-34-12

УДК 621.928.93:62-52

АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБИВАНОСТІ Й ОЧИЩЕННЯ СИТ

Литвинов І., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії»
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Аналітичні дослідження процесів забиваності та очищення сит і решіт є ключовим етапом при розробленні й технологічному розрахунку очисників, оскільки саме ці процеси визначають пропускну здатність, ефективність сепарації та стабільність роботи зерноочисних і просіювальних машин [1, 2]. Аналіз відомих моделей [3, 4], показав, що у більшості з них геометричні характеристики робочих органів очисника, отворів сит і частинок оброблюваної суміші враховувалися опосередковано – через узагальнені або безрозмірні параметри. Такий підхід є прийнятним для якісного аналізу процесів, однак недостатнім для інженерного проєктування, де необхідно встановити явний зв'язок між геометрією елементів системи «робочий орган – сито – частинка» та часовими і кінематичними характеристиками процесу [5, 6].

Під час аналізу процесу забиваності в ряді досліджень отвір сита розглядався як геометрична точка, що збігається з його центром, а профіль робочого органа приймався прямокутним. Це дозволяло суттєво спростити математичний опис, оскільки не потребувало врахування реальних розмірів отворів і особливостей контакту частинок з їх кромками. У такій ідеалізованій схемі (рис. 1) ширина області взаємодії робочого органа із застряглими частинками збігалася з шириною його контакту з поверхнею сита, а час закритого стану отвору визначався тривалістю перебування умовної точки-отвору в зоні дії робочого органа.

Разом з тим, у реальних умовах форма й розміри отворів, геометрія робочих органів і морфологічні характеристики частинок істотно впливають на процеси як забиваності, так і

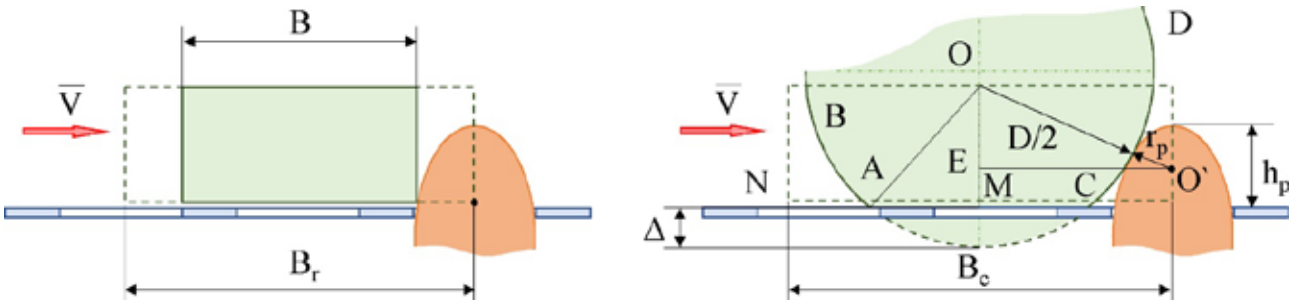


Рис. 1. Розрахункова схема визначення приведеної ширини прямокутного (а) та циліндричного (б) робочих органів очисника в процесі забиваності отворів сита

очищення. Зокрема, реальний отвір залишається закритим і після того, як одна з граней робочого органа вийшла за його геометричний центр, оскільки для повторного відкриття необхідно, щоб протилежна грань пройшла відстань, не меншу за характерний розмір отвору. Це призводить до зміни фактичного часу перебування отвору в закритому стані та, відповідно, до відхилень від розрахункових значень, отриманих за спрощеними моделями.

З метою підвищення точності аналітичних досліджень у роботі введено поняття приведеної ширини робочого органа, яка дозволяє зберегти простоту ідеалізованої моделі, водночас еквівалентно враховуючи реальні геометричні параметри системи. При цьому профіль робочого органа надалі приймається прямокутним, а його ширина коригується таким чином, щоб забезпечити однаковий вплив на процес забиваності або очищення отворів порівняно з реальним робочим органом складнішої форми.

Найбільш близькими до такої ідеалізованої схеми є очисники з прямокутною формою профілю робочих органів, зокрема очисники з плоскими щічками, які широко застосовуються в сільськогосподарських машинах. Для такого робочого органа приведена ширина визначається як сума його фактичної ширини та діаметра отвору сита. Такий підхід дозволяє врахувати той факт, що реальний отвір залишається закритим доти, доки робочий орган повністю не вийде за його межі. Аналіз показує, що за великих значень ширини робочого органа та малих розмірів частинок додатковим членом можна знехтувати, однак для вузьких робочих органів ця поправка є суттєвою і повинна обов'язково враховуватися:

$$B_r = B + d_O. \quad (1)$$

Значно складнішою є задача визначення приведеної ширини для робочих органів циліндричної форми, зокрема щіток. У цьому випадку необхідно враховувати різний характер взаємодії з боку набігаючої та відвідної гілок контуру циліндра. З боку відвідної гілки відбувається відкриття отворів, і частинки мають можливість вільно проникати всередину сита. З боку набігаючої гілки, навпаки, отвір вважається закритим, якщо робочий орган перешкоджає опусканню частинки на глибину заклинювання. Таким чином, приведена ширина циліндричного робочого органа визначається як сума двох складових, що відповідають цим зонам взаємодії:

$$B_c = \sqrt{\left(h_p + D\right)D} + \sqrt{DD} + \frac{d_O}{2}. \quad (2)$$

Отримані аналітичні залежності показують, що при достатньо великих діаметрах циліндричних робочих органів вплив таких параметрів, як глибина западання частинки, зазор між робочим органом і ситом та радіуси заокруглення частинок, стає відносно малим. У цьому випадку можливе спрощення розрахункових формул без істотної втрати точності, що підтверджується числовими прикладами. Подальше збільшення діаметра робочого органа призводить до ще меншої похибки, що є важливим з практичної точки зору при виборі конструктивних параметрів щіткових очисників.

Окрему увагу в аналітичних дослідженнях приділено процесу проходження прохідних частинок крізь отвори сита. У цьому випадку необхідною умовою є відсутність контакту частинки з робочим органом у момент її просіювання. Для цього вводиться умова

забезпечення мінімального зазору між набігаючою гілкою робочого органа і кромками отвору, який має бути не меншим за мінімальний розмір частинки. На основі геометричного аналізу встановлено граничні положення частинки, за яких вона або проходить крізь отвір, або виштовхується на поверхню сита.

Для видовжених частинок однієї лише умови мінімального зазору виявляється недостатньо. У таких випадках вводиться додаткова умова повного перекидання частинки, яка передбачає, що під час повороту навколо кромки отвору частинка не повинна контактувати з протилежною кромкою більш ніж в одній точці. Виконання цієї умови забезпечує гарантоване проходження частинки крізь отвір без її заклинювання. На основі геометричних співвідношень отримано рівняння для визначення занурення центра тяжіння частинки під сито, причому з двох можливих розв'язків фізичний зміст має лише менший корінь.

Показано, що необхідність застосування умови повного перекидання виникає лише за додатних значень занурення центра тяжіння частинки. Для узагальнення результатів у роботі введено відносні параметри, що дозволяє оцінювати вплив співвідношення розмірів отворів і частинок на характер процесу просіювання. Отримані нерівності дають змогу визначити області параметрів, у яких слід застосовувати той чи інший розрахунковий підхід.

Запропонований геометричний підхід, незважаючи на меншу точність порівняно з динамічними моделями, що враховують сили та деформації, має істотну практичну перевагу – простоту та наочність. Це робить його придатним для інженерних і конструктивних розрахунків механічної системи «щітка – сито». У межах прийнятої точності допустимим є використання усереднених значень геометричних параметрів частинок. Отримані аналітичні залежності справедливі також для округлих частинок, що додатково спрощує розрахунки, а зміна форми отворів не впливає на принципову сутність підходу.

Таким чином, виконані аналітичні дослідження дозволили встановити явні залежності між геометричними параметрами робочих органів очисника, отворів сит і частинок оброблюваної суміші та процесами забиваності й очищення. Запровадження поняття приведеної ширини робочого органа створює основу для подальшого технологічного розрахунку очисників і оптимізації їх конструктивних параметрів з урахуванням реальних умов експлуатації.

Список використаних джерел

1. Jesny S., Prasobh G. R. A review on size separation. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*. 2022. Vol. 7(2). P. 286–296. https://doi.org/10.35629/7781-0702286296

2. Kharchenko S. Intensification of grain sifting on flat sieves of vibration grain separators. Kharkiv: Діса+, 2017. 223 p.

3. Shevchenko I., Aliiev E. Study of the process of calibration of confectionery sunflower seeds. *Food Science and Technology*. 2018. Vol. 12(4). P. 135–142.

4. Алієв Е. Б., Пацула О. М., Гриценко В. Т. Технологія комплексної безвідхідної переробки макухи з насіння олійних культур з одержанням високоякісних повноцінних протеїнових добавок у вигляді пелет та твердого біопалива: науково-методичні рекомендації. Інститут олійних культур НААН. 2017.

5. Aliiev E., Lytvynov I. Results of experimental studies of the rotary brush separator of crushed cake from niche oil crops. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2025. Vol. 2(129). P. 71–78. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2025-2-9

6. Алієв Е. Б., Литвинов І. В. Чисельне моделювання системи «сито – частинки матеріалу – щітка». *Технічні науки*. 2025. Vol. 12(43), ч. II. P. 154–164. https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).2.154-164

Наукові керівники: Алієв Е.Б., д.т.н., ст. наук. співр., Пономаренко Н.О., к.т.н., доц.

UDC 004.942:621.01:62-52

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF NUMERICAL MODELING OF MIXING AND SEPARATION PROCESSES IN MULTIPHASE MECHANICAL SYSTEMS

Aliiev E., D. Sc. (Eng.), Senior Researcher
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

The processes of mixing and separation of multiphase mechanical systems occupy a key position in modern technologies of agro-industrial production, mechanical engineering, and the food and processing industries, since they largely determine the quality of the final product, the energy efficiency of technological lines, and the stability of equipment operation [1, 2]. Multiphase mechanical systems represent complex assemblies of solid, liquid, or gaseous components that interact with one another under the action of external forces, fields, and boundary constraints [3, 4]. The scientific and methodological foundations for studying such systems are based on an interdisciplinary approach that integrates principles of continuum mechanics, the theory of dispersed systems, rheology, statistical physics, probability theory, systems analysis, and engineering experimental methodology.

The essence of mixing processes lies in creating the most homogeneous possible distribution of components within a given volume by redistributing particles or phase elements under mechanical action. The homogeneity of a mixture is determined by the spatial distribution of concentrations, particle-size characteristics, density, and other physical and mechanical parameters of the components. In multiphase systems, mixing is accompanied by complex phenomena of momentum, mass, and energy transfer occurring simultaneously at macro- and micro-levels. At the macro-level, mixing is considered as the movement of significant volumes of material, whereas at the micro-level it is viewed as the mutual penetration of particles of different phases resulting from local contacts, friction, collisions, and turbulent fluctuations [5, 6].

The scientific and methodological principles for studying mixing processes involve considering the system as a hierarchical structure in which the properties of individual particles determine the collective behavior of the entire medium. Particular attention is paid to particle shape, size, surface roughness, moisture content, and elastic and plastic properties, since these factors govern the nature of contact interactions and the tendency toward aggregation or segregation. Under mechanical action, not only mixing but also possible stratification of components may occur due to differences in mass, aerodynamic characteristics, or friction coefficients, which complicates the achievement of mixture homogeneity.

The methodology for investigating mixing of multiphase systems combines theoretical analysis, mathematical modeling, and experimental studies. Theoretical approaches are based on concepts of the random nature of particle motion and the statistical character of component distribution within a mixture. Experimental methods include the use of tracers, digital image processing, spectral analysis, and sampling techniques to assess the degree of homogeneity. Modern research increasingly relies on computer modeling, which makes it possible to reproduce the behavior of multi-particle systems under various loading regimes and to optimize equipment parameters already at the design stage.

The processes of separation of multiphase mechanical systems are inverse to mixing and consist in the purposeful separation of components according to specific criteria. Separation is based on differences in physical characteristics of the system components, such as size, density, shape, elasticity, magnetic properties, aerodynamic parameters, or surface wettability. Separation is a necessary stage in many technological processes where it is important to ensure product cleaning, fraction classification, or removal of undesirable impurities.

The scientific and methodological foundations of separation are based on understanding the mechanisms of particle motion in force fields and media with different rheological characteristics. Component separation can be carried out under the action of gravitational, inertial, centrifugal,

vibrational, or aerodynamic forces, as well as as a result of the combined influence of several factors. The efficiency of separation is determined by the system's ability to ensure a sufficient difference in the trajectories of particles of different types, which is achieved by optimizing the geometry of working elements, motion regimes, and environmental parameters.

A characteristic feature of multiphase mechanical systems is their tendency toward self-organization and structure formation during dynamic interaction. In mixing processes, this may manifest itself in the formation of local zones with increased concentrations of certain components, whereas in separation processes it may appear as the emergence of stable particle streams with similar characteristics. Understanding these phenomena makes it possible to develop effective methods for controlling technological processes, reducing energy consumption, and increasing equipment productivity.

The methodological approach to studying mixing and separation involves systems analysis, within which the technological process is considered as a set of interconnected subsystems. This approach allows one to take into account the influence of equipment design parameters, operating modes, and material properties on the final result. An important element is the development of criteria for evaluating process efficiency, reflecting the degree of mixture homogeneity, separation quality, energy consumption, and stability of the technological regime.

Under modern conditions, digital technologies play a significant role in the study of multiphase systems. The use of computed tomography, machine vision, sensor systems, and big data processing methods opens up new possibilities for analyzing flow structures and controlling the quality of mixing and separation in real time. This enables a transition from empirical equipment design to scientifically grounded process control based on objective data.

The scientific and methodological foundations for studying multiphase mechanical systems also involve accounting for scale effects, since results obtained on laboratory setups cannot always be directly transferred to industrial conditions. Scaling of processes requires a detailed analysis of the similarity of physical phenomena occurring at different levels and adjustment of equipment parameters to maintain the efficiency of technological operations.

Special attention is paid to the environmental and economic aspects of mixing and separation, as optimization of these processes contributes to reducing raw material losses, lowering energy consumption, and minimizing negative environmental impacts. In this context, the development of resource-saving technologies that ensure rational use of material flows and waste minimization is of particular importance.

In general, the scientific and methodological foundations of mixing and separation processes in multiphase mechanical systems form a body of knowledge encompassing theoretical principles, experimental methods, and engineering approaches to the design of technological equipment. The development of this field contributes to increasing the efficiency of production processes, creating innovative machines and apparatuses, improving product quality control methods, and expanding the possibilities of industrial automation. Integration of fundamental research with practical engineering solutions ensures further progress in the field of multiphase mechanics and opens new prospects for the development of modern technologies.

Numerical modeling of mixing and separation processes in multiphase mechanical systems is a modern scientific tool that makes it possible to study the behavior of particles and media without conducting a large number of physical experiments. The first stage is problem formulation, where the research objectives, process type (mixing or separation), material characteristics, and expected results are defined. The second stage involves analysis of the physical and mechanical properties of the phases, including particle size and shape, density, surface roughness, friction coefficients, elastic properties, and moisture content. These parameters determine the nature of interparticle interactions and significantly affect system dynamics. The third stage is the selection of a modeling method. For granular materials, the discrete element method is widely used, allowing the motion of individual particles to be tracked. For gas–liquid flows, computational fluid dynamics methods are applied. In complex multiphase systems, a combined approach that integrates different methods is effective. The fourth stage is the creation of a geometric model of the equipment, reproducing the shape of the mixer

or separator, the configuration of working elements, and the internal space of the apparatus. The more accurately the geometry is described, the more reliable the modeling results will be. At the fifth stage, initial and boundary conditions of the process are specified, including the rotational speed of working elements, the degree of apparatus filling, interparticle interaction forces, and external influences, which determine the operating regime of the system. At the sixth stage of numerical computation, particle motion, collisions, interactions with equipment surfaces, and material flow formation are simulated. The obtained data make it possible to analyze process dynamics over time. At the seventh stage, after completion of the calculations, the results are processed, including analysis of velocity fields, concentration distributions, particle trajectories, and stagnation zones. This allows assessment of mixture homogeneity or separation efficiency. Process efficiency evaluation is based on the use of specific criteria characterizing mixing quality or separation performance. Subsequently, the modeling results are compared with experimental data to verify their reliability. The final, eighth stage is optimization of the design and operating parameters of the equipment, which makes it possible to increase productivity, reduce energy consumption, and improve the quality of the technological process.

References

1. Алієв Е. Б. Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику: монографія. Запоріжжя: СТАТУС, 2019, 196 с.

2. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 2023. 340 с. https://doi.org/10.31073/978-966-540-584-9

3. Jin X. DEM study on the mixing behaviour of U-shaped ribbon mixers (PhD thesis, University of New South Wales, Faculty of Engineering). 2022. https://doi.org/10.26190/unsworks/24134

4. Seader J. D., Henley E. J., Roper D. K. Separation process principles: With applications using process simulators (4th ed.). Wiley. 2020.

5. Yuan B., Yuan S., Wang H. Numerical and Experimental Investigation of Mixing Enhancement in a Zigzag Passive Micromixer with D-Shaped Obstacles. *Micromachines*. 2026. Vol. 17(2). P. 190. https://doi.org/10.3390/mi17020190

6. Stepanenko S., Kotov B., Spirin A., Kucheruk V. Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity. *Herald of Karaganda University. "Physics" series*. 2022. Vol. 1(105). P. 43-57. https://doi.org/10.31489/2022PH1/43-57

UDC 637.14:621.785

JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF A TEST RIG FOR MILKING RUBBER

Nosenko Ye., PhD student,
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

The utility model relates to agricultural machinery, specifically equipment for testing the physical, mechanical, and rheological properties of milking rubber in dairy machines. Milking rubber is a critical component, whose elasticity, tension, and shape directly affect milking efficiency, animal productivity, and udder health. Mechanical properties of rubber change under temperature, vacuum cycles, and prolonged use, leading to reduced elasticity and impaired performance of milking systems [1–4].

Recent studies [5–6] demonstrate that operational characteristics of milking rubber alter under

mechanical loads and vacuum, directly affecting milking quality, intensity, and rubber durability. Consequently, developing methods for experimental testing of physical and rheological properties under cyclic stretching and vacuum is a critical task in modern agro-engineering, justifying the creation of a comprehensive automated test rig.

Objective: To develop a test rig for milking rubber capable of automated determination of stretching, unloading, and relaxation forces relative to absolute deformation under atmospheric, constant, or pulsating vacuum conditions, enabling objective performance evaluation, durability prediction, and verification of technical characteristics.

Technical Solution: The test rig consists of:

– Frame: Base with fixed legs.

– Vertical movement module: C-shaped column, linear guides, bearings, screw connected to a stepper motor via a coupling, and a carriage with linear bearings and a nut. A thin-walled cylinder is mounted vertically on the carriage. End switches and a linear potentiometer monitor motion.

– Load measurement module: Load cell with a cantilever beam; one end fixed to the base, the other supporting a ring holding a cylindrical “insert” (simulating the teat).

– Vacuum system: Milking rubber installed in the cylinder, fixed at the bottom by the insert, and connected to a vacuum generator. An artificial teat is mounted at the top with upper and lower vacuum sensors.

– Control system: Power supply, stepper motor driver, control board with display, keyboard, start button, and USB interface for connection to a PC. Signals from the load cell, potentiometer, vacuum sensors, and end switches are processed automatically.

Operational Modes:

– Stretch–Unloading: Rubber is stretched at a set speed and displacement under atmospheric or vacuum conditions. Forces and displacements are recorded.

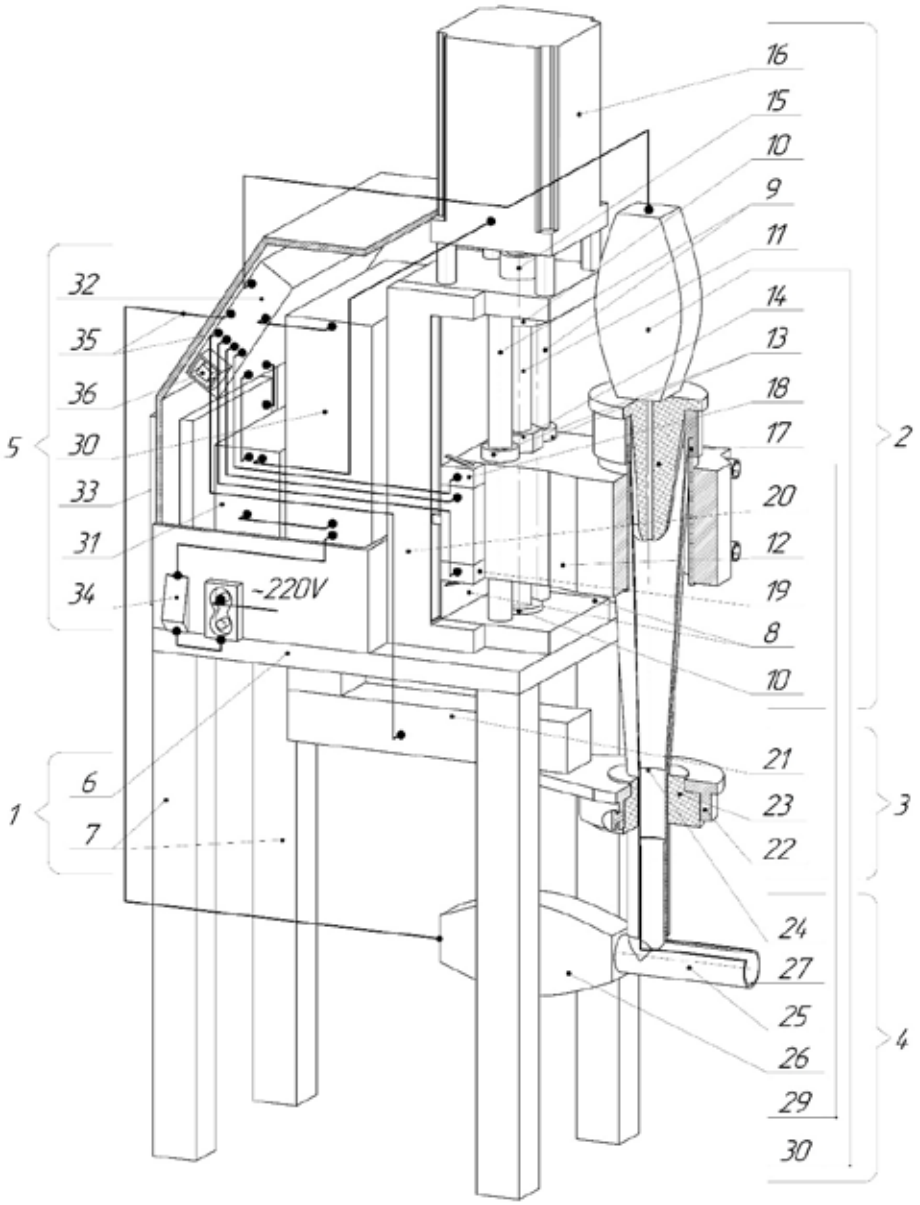
– Relaxation: Rubber is stretched and held stationary while relaxation forces are measured over time.

– Dynamic stretching under pulsating vacuum: Cyclic stretch–release under pulsating vacuum; forces and vacuum pressures are recorded.

The rig allows testing of new and used milking rubbers from different manufacturers. Automated control ensures accurate recording of forces, deformations, and vacuum pressures, which are essential for predicting rubber durability, verifying manufacturer specifications, and supporting selection of optimal rubber for milking systems.

Novelty and Inventive Level: The combination of automated vertical loading, vacuum application, integrated measurement of forces, and software-controlled operation is not known in current art, providing a new technical result and ensuring compliance with novelty and inventive step criteria.

Industrial Applicability: The utility model can be repeatedly reproduced and used as a standardized test rig for milking rubber, enabling controlled and comprehensive testing of different rubber types, supporting dairy equipment maintenance, and improving milking quality.



1 – Frame; 2 – Vertical displacement module; 3 – Load cell module; 4 – Vacuum system; 5 – Control system; 6 – Base of the frame; 7 – Frame legs; 8 – C-shaped column of the vertical displacement module; 9 – Linear guides; 10 – Bearings; 11 – Screw of the vertical displacement module; 12 – Carriage; 13 – Linear bearings of the carriage; 14 – Nut of the carriage; 15 – Coupling; 16 – Stepper motor shaft; 17 – Thin-walled cylinder; 18 – Upper limit switch; 19 – Lower limit switch; 20 – Linear potentiometer; 21 – Load cell beam; 22 – Ring with inner narrowing; 23 – Cylindrical slider; 24 – Teat rubber; 25 – Tee fitting; 26 – Lower vacuum sensor; 27 – Constant or pulsating vacuum generator; 28 – Artificial teat; 29 – Upper vacuum sensor; 30 – Power supply unit; 31 – Stepper motor driver; 32 – Control board with display; 33 – Keyboard; 34 – Power button; 35 – Electrical wires; 36 – USB port

Fig. 1. Diagram of the teat rubber testing stand

Reference

1. Шевченко І. А., Алієв Е. Б. Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд, 2013. 156 с.

2. ISO 3918. Milking machine installations – Vocabulary. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. 42 p.

3. ISO 5707. Milking machine installations – Construction and performance. Geneva, Switzerland: The International for Standardization Organization, 2007. 52 p.

4. ISO 6690. Milking machine installations – Mechanical tests. Geneva, Switzerland: The

International for Standardization Organization, 2007. 46 p.

5. Paliy A., Aliiev E., Paliy A., Ishchenko K., Lukyanov I., Dobrovolsky V., Yurchenko O., Chekan O., Dedilova T., Musiienko Y. Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. *EUREKA*: *Physics and Engineering*. 2021. Vol. 6. P. 102–111. https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056

6. Paliy A., Aliiev E., Paliy A., Ishchenko K., Rybalko I., Pavlichenko O., Prihodko M., Popsui V., Bondarchuk L., Chernyavskaya T. Establishing changes in the parameters of teat rubber for milking machines during testing and under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 1(1 (121)). P. 58–66. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272030

Supervisors: Aliiev E. B., D. Sc. (Eng.), Senior Researcher

УДК 621.313.333.004.58

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЗВОЛОЖЕННЯ І ПІДСУШКИ ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Гринюк М. Е., здобувач ступеня вищої освіти «Магістр»,
Волков Р. А., здобувач ступеня вищої освіти «Бакалавр».
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

На сучасному етапі розвитку переробної галузі для приводу виробничих робочих машин здебільше використовують трифазні асинхронні двигуни, бо вони мають порівняно незначну вартість виготовлення, високу конструкційну надійність, значні енергетичні показники та інші позитивні якості [1, 2]. Висока конструкційна надійність цих електродвигунів підтверджується тим, що імовірность їх відмов становить 0,98. Проте у експлуатаційних умовах підприємств України станом на сьогодні відмовляє до 25 % від усього парку електродвигунів на рік [3-5]. Зазначений факт обумовлений різними експлуатаційними умовами, які не завжди можна врахувати при їх виробництві: зниження якості електроенергії (суттєві провали напруги, несиметрії напруги тощо), перевантаження з боку робочих машин, вологість і агресивність навколишнього середовища, значні коливання температури навколишнього середовища, недосконаліть систем захисту від аварійних режимів роботи, несвоєчасне проведення профілактичних заходів тощо [6-8].

Одним з технологічних процесів переробки продуктової сировини є переробка молока. Як приклад було проаналізовано експлуатаційні впливи на асинхронні двигуни приводів робочих машин цеху з виробництва сухого молока. В результаті цього аналізу встановлено, що ізоляція асинхронних двигунів цеху у процесі експлуатації піддається різним впливам:

- впливу низьких та високих температур повітря й устаткування;
- впливу струмів перевантаження або короткого замикання;
- механічним впливам різного характеру;
- впливу хімічно активних речовин, підвищеної і зниженої вологості навколишнього середовища.

Головним із зазначених впливів на асинхронні двигуни є вплив підвищеної вологості навколишнього середовища, що обумовлено значною вологістю перероблюваної сировини (молока) та щоденним миттям робочих машин. Згідно [9] волога проникає в ізоляцію електродвигунів в основному в періоди неробочих станів. Найбільш інтенсивно це відбувається під час остигання електродвигунів, тому що у цей період тиск у порах і капілярах ізоляції нижче за атмосферний. Мала в’язкість та інші властивості води сприяють її

проникненню у пори ізоляції. Внаслідок цього відбувається гідролітичне руйнування ізоляційних матеріалів і розщеплення полімерних ланцюгів. Опір ізоляції та її електрична міцність знижуються, виникають струми витоку, які призводять до замикання обмоток електродвигунів на корпус і ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом.

Таким чином, боротьба зі зволоженням ізоляції асинхронних двигунів є актуальною задачею для цеху виробництва сухого молока. У якості параметру, який необхідно контролювати при спостереженні за рівнем зволоженості ізоляції, обрано силу струму витоку через ізоляцію. Найбільше допустиме значення сили струму витоку при номінальній напрузі живлення електродвигуна становить 0,5 мА [9].

Для технічної реалізації захисту ізоляції асинхронного двигуна від неприпустимого зволоження розроблено пристрій контролю зволоження і підсушки ізоляції асинхронного двигуна. Він дозволяє контролювати струм витоку ізоляції електродвигуна, не дозволяючи вмикати електродвигун у разі зволоження ізоляції, а також здійснює підсушку ізоляції при відключеному електродвигуні у технологічні паузи. Принципова електрична схема цього пристрою показана на рис.5.1.

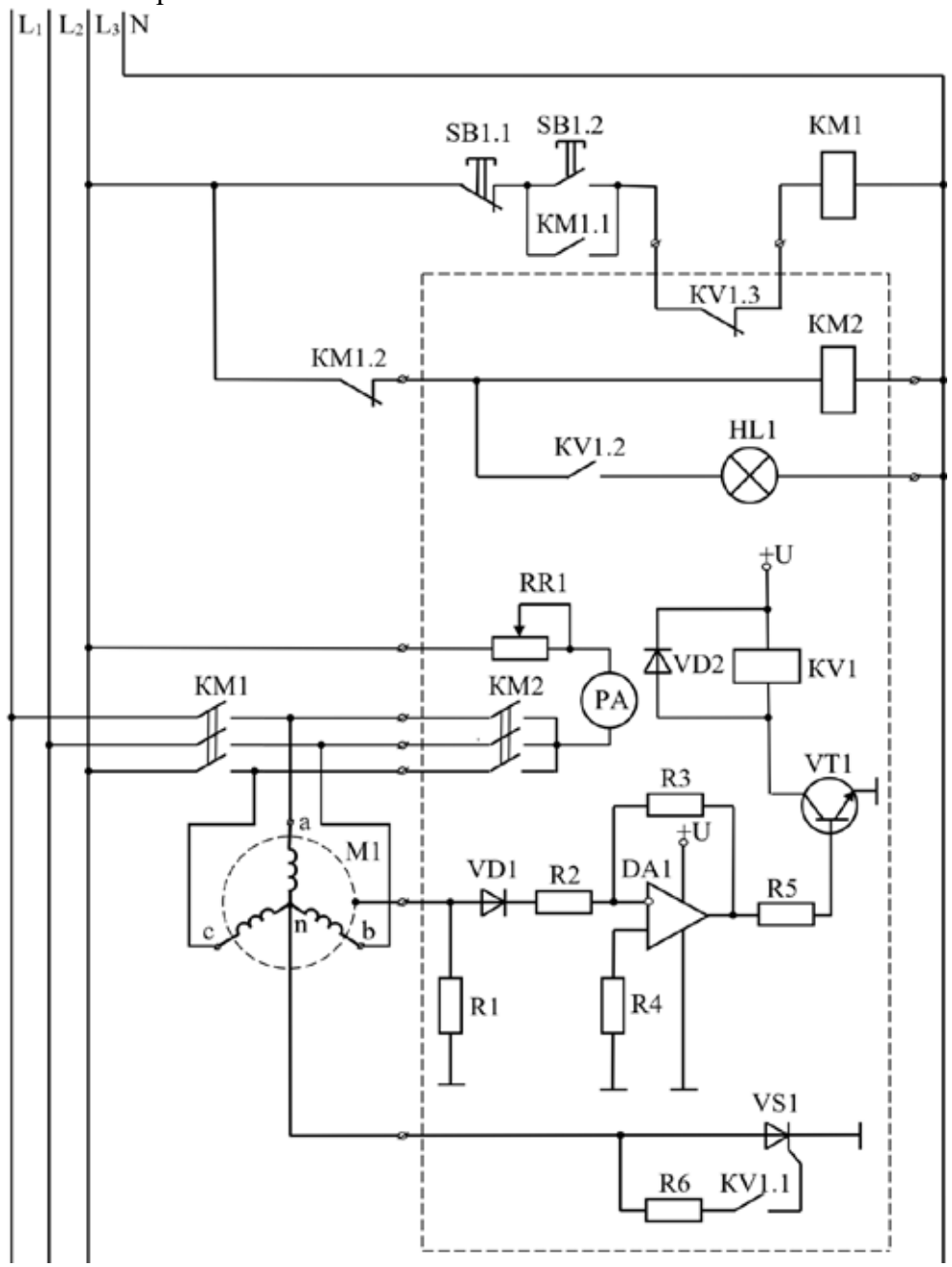


Рис.1. Принципова електрична схема пристрою контролю зволоження і підсушки

ізоляції асинхронного двигуна

Пристрій має у своєму складі наступні елементи: магнітний пускач КМ2, реле KV1, підсилювач DA1, транзистор VT1, тиристор VS1, діоди VD1, VD2, резистори R1, R2, R3, R4, R5, R6, реостат RR1, амперметр PA, сигнальну лампу HL1.

Пристрій працює наступним чином. Для запуску електродвигуна М1 натискають кнопку SB1.1, внаслідок чого котушка магнітного пускача КМ1 отримує живлення і магнітний пускач спрацьовує, замикаючи силові контакти. Електродвигун отримує живлення і починає працювати. Одночасно із цим розмикаючий контакт КМ1.2 замикається і котушка магнітного пускача КМ2 отримує живлення, внаслідок чого силові контакти пускача замикаються і подають на вивідні затискачі обмоток напругу. Це призводить до того, що виникає сумарний струм витоку на корпус електродвигуна, який проходить через резистор R1. Напруга, що знімається з цього резистора, подається через діод VD1 на вхід підсилювача DA1, коефіцієнт підсилення якого залежить від значень опорів резисторів R2 і R2. Підсилений сигнал у вигляді струму через резистор R5 потрапляє на базу транзистора VT1. Якщо сила струму витоку менша за 0,5 мА, то транзистор є закритим.

При збільшенні сумарного струму витоку сила струму бази транзистора VT1 теж зростає. Якщо струм витоку буде дорівнювати 0,5 мА, то транзистор VT1 відкривається і напруга подається на котушку реле KV1. Реле спрацьовує, його контакт KV1.1 замикається і тиристор VS1 відчиняється. Це призводить до того, що на три фази обмотки статора електродвигуна прикладається однакова фазна напруга, під дією якої у них виникають струми і обмотки нагріваються: відбувається сушіння ізоляції. Сила струму в обмотці статора регулюється за допомогою реостата RR1 і контролюється за допомогою амперметра PA при першому включенні пристрою. Одночасно із цим контакт реле KV1.2 замикається і сигнальна лампа HL1 загоряється, сповіщаючи про включення пристрою, а контакт реле KV1.3 у колі котушки магнітного пускача КМ1 розмикається, не даючи змоги запустити електродвигун, поки сила струму витоку не повернеться до допустимого значення.

Коли сила струму витоку зменшується до допустимого значення, напруга на котушці реле KV1 знижується і реле вимикається. Його контакт KV1.1 розмикається, внаслідок чого сушіння ізоляції припиняється, контакт KV1.2 теж розмикається, що призводить до виключення сигнальної лампи HL1, а контакт KV1.3 замикається, надаючи змогу запустити електродвигун.

Таким чином, пристрій дозволяє захисти асинхронний двигун від роботи з неприпустимо зволоженою ізоляцією і забезпечує її автоматичну підсушку у технологічні паузи, що обумовлює збільшення строку служби асинхронного двигуна.

Список використаних джерел

1. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці ТДАТУ*. 2012. Вип. 12, т. 2. С.23-27.

2. Vovk O., Kvitka S., Halko S., Strebkov O. Energy-Saving Control of Asynchronous Electric Motors for Driving Working Machines. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 415-423.

3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Стребков О. А. Непрямий спосіб вимірювання імпульсу квадрату пускового струму. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*. 2016. Вип. 175. С. 91-93.

4. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану і захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*. 2017. Вип. 186. С. 90-92.

5. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Волошина А. А., Стребков О. А. Розробка системи забезпечення ресурсоенергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика*. 2016. № 4(30). С. 89-97.

6. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Контроль витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів при відхиленні напруги живлячої мережі. *Праці ТДАТУ*. 2015. Вип. 15, т. 2.

С. 154-159.

7. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Контроль витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів при відхиленні напруги живлячої мережі. *Праці ТДАТУ*. 2015. Вип. 15, т. 2. С. 154-159.

8. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Стребков О. А., Волошина А. А. Енергозберігаючі режими роботи асинхронних електродвигунів при змінному завантаженні. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип.19, т. 3. С. 142-150.

9. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка.* 2014. Вип. 153. С. 85-87.

Науковий керівник: Вовк О. Ю., к.т.н., доц.

УДК 631.43:631.445

АГРОФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТІВ ЯК ОСНОВА ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ

Пономаренко Н. О., к.т.н., доц.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжується підвищеним впливом важкої техніки на ґрунт, що призводить до деградації його фізичних властивостей. Ущільнення ґрунту, порушення структури, зниження водопроникності – ці процеси негативно впливають на урожайність культур та екологічний стан агроландшафтів. Особливої актуальності проблема набуває в умовах України, де чорноземи становлять основу аграрного потенціалу країни [1, 2].

Агрофізика як наука вивчає фізичні процеси та властивості, що визначають умови життєдіяльності рослин. Механічні властивості ґрунту – щільність, пористість, твердість, пластичність – є ключовими параметрами, що визначають вибір способів обробітку, режимів роботи техніки та ефективність використання ресурсів [3, 4].

Традиційні підходи до обробітку ґрунту часто не враховують просторову варіабельність його властивостей у межах поля. Це призводить до перевитрат енергії, надмірного ущільнення в окремих зонах та недостатнього розпушення в інших. Технології точного землеробства відкривають можливості для диференційованого управління фізичним станом ґрунту на основі детального картування його властивостей [5, 6].

Попередні дослідження показали, що щільність ґрунту є інтегральним показником його фізичного стану, що впливає на водний, повітряний, тепловий та поживний режими. Оптимальні значення щільності для чорноземів звичайних становлять 1,20-1,30 г/см³. Перевищення цих значень на 15-20% спостерігається у 40-50% господарств Дніпропетровської області, що негативно впливає на продуктивність агроценозів.

Незважаючи на значну кількість досліджень агрофізичних властивостей ґрунтів, недостатньо вивченими залишаються питання їх динаміки під впливом сучасних систем землеробства, особливо в умовах застосування важкої техніки та інтенсивних технологій. Відсутні науково обґрунтовані рекомендації щодо оптимальних параметрів обробітку ґрунту з урахуванням його просторової неоднорідності.

Мета дослідження – встановити закономірності зміни агрофізичних властивостей ґрунтів під впливом сільськогосподарської техніки та обґрунтувати параметри диференційованого обробітку для підтримання оптимального фізичного стану.

Завдання дослідження: - провести польові дослідження щільності, твердості та

пористості ґрунтів на типових полях регіону; - визначити вплив навантаження від ходових систем техніки на зміну агрофізичних показників; - встановити кореляційні залежності між фізичними властивостями ґрунту та параметрами його обробітку; - розробити карти просторового розподілу агрофізичних показників для впровадження технологій точного землеробства.

Дослідження проводились на полях дослідного господарства Дніпровського державного аграрно-економічного університету на чорноземах звичайних важкосуглинкових. Вимірювання щільності ґрунту здійснювались методом ріжучого кільця на глибинах 0-10, 10-20, 20-30 та 30-40 см. Твердість визначалась твердоміром Ревякіна. Для просторового аналізу використовувались GPS-прив'язка точок відбору проб та геоінформаційна система QGIS.

Проводились два цикли вимірювань: до проведення весняного обробітку та після проходження посівної техніки. На кожному полі закладались трансекти довжиною 200-300 м з кроком відбору проб 20 м. Загальна кількість точок спостережень – 240.

Паралельно фіксувались параметри техніки (маса, тип ходової системи, тиск у шинах) та умови проведення робіт (вологість ґрунту, швидкість руху). Статистична обробка даних включала дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи.

Результати вимірювань показали значну просторову варіабельність щільності ґрунту – від 1,18 до 1,52 г/см³ в орному шарі. Середнє значення становило 1,34±0,08 г/см³, що на 5-7% перевищує оптимальні показники. Коефіцієнт варіації досягав 18-22%, що свідчить про високу неоднорідність фізичного стану ґрунту.

Найбільш ущільненими виявились зони постійного проходження важкої техніки – технологічні колії. Тут щільність досягала 1,48-1,52 г/см³, що на 15-20% вище оптимуму. У міжколійному просторі щільність становила 1,28-1,32 г/см³, тобто була близькою до оптимальної.

Твердість ґрунту також демонструвала високу варіабельність – від 1,8 до 4,2 МПа. У зонах колії твердість перевищувала критичне значення 3,0 МПа, що ускладнює розвиток кореневих систем рослин. Встановлено сильний кореляційний зв'язок між щільністю та твердістю ґрунту (r=0,87).

Аналіз впливу техніки показав, що кожен прохід трактора масою 12-14 т збільшує щільність ґрунту на 0,08-0,12 г/см³ в шарі 0-20 см та на 0,04-0,06 г/см³ в шарі 20-40 см. Зона впливу поширюється на 30-40 см від осі колії. Застосування здвоєних коліс знижує ущільнення на 25-30%.

Регресійний аналіз дозволив встановити залежності глибини обробітку від щільності ґрунту. Для зон з щільністю понад 1,40 г/см³ рекомендується глибоке розпушення на 35-40 см, для зон з оптимальною щільністю – мілкий обробіток на 12-15 см.

На основі отриманих даних побудовані карти просторового розподілу щільності ґрунту з кроком сітки 5×5 м. Це дозволяє реалізувати технологію диференційованого обробітку з автоматичним регулюванням глибини залежно від координат агрегату.

Проведені дослідження встановили високу просторову варіабельність агрофізичних властивостей ґрунтів, що обумовлює доцільність впровадження технологій точного землеробства. Визначено кількісні залежності між навантаженням від техніки та зміною щільності ґрунту, що дозволяє прогнозувати та попереджувати надмірне ущільнення.

Найбільш критичними зонами є технологічні колії, де щільність на 15-20% перевищує оптимальні значення. Рекомендується застосування постійних колій з контролем руху техніки та періодичне глибоке розпушення цих зон.

Розроблені карти агрофізичних показників є основою для впровадження диференційованого обробітку ґрунту, що дозволить знизити енерговитрати на 18-25% та підвищити урожайність на 8-12%.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці систем онлайн-моніторингу агрофізичних властивостей ґрунту безпосередньо на робочих органах техніки та створенні алгоритмів автоматичного управління параметрами обробітку.

Список використаних джерел.

1. Медведєв В. В., Пліско І. В. Агрофізика ґрунту: підручник. Харків: Апостроф, 2015. 284 с.
2. Kucher A. Ukrainian black soils in war: assessing the impact of hostilities on violations of the guidelines for sustainable soil management. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2024. Vol. 10. https://doi.org/10.51599/are.2024.10
3. Scott H. D. Soil Physics: Agriculture and Environmental Applications. Wiley-Blackwell, 2010. 408 p.
4. Hillel D. Introduction to Environmental Soil Physics. Academic Press, 2003. 494 p.
5. Liu L., Lu Y., Horton R., Ren T. Determination of soil water retention curves from thermal conductivity curves, texture, bulk density, and field capacity. *Soil and Tillage Research*. 2024. Vol. 237. Article 105957. https://doi.org/10.1016/j.still.2024.105957
6. Alaoui A., Lipiec J., Gerke H. H. A review of the changes in the soil pore system due to soil deformation: A hydrodynamic perspective. *Soil and Tillage Research*. 2011. Vol. 115-116. P. 1-15. https://doi.org/10.1016/j.still.2011.06.002

УДК 620.92:621.472

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА НАГРІВАННЯ ВОДИ

Ялама А. І., здобувач вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Питання енергоощадження та впровадження екологічно чистих джерел енергії є критично важливими для сталого розвитку сучасних міст. Сонячна енергія залишається одним із найперспективніших ресурсів, особливо в регіонах із високим рівнем інсоляції [1]. Проте ефективність сонячних систем охолодження повітря та нагрівання води часто обмежується погодними факторами та високою вартістю початкових інвестицій. Сучасні дослідження вказують на те, що використання сонячних абсорбційних систем може забезпечити значне зниження енергоспоживання (до 65%) порівняно з традиційними кондиціонерами [2]. Зокрема, розробка нових типів панелей, здатних безпосередньо генерувати енергію для охолодження, стає ключовим напрямком інновацій.

Значне підвищення продуктивності систем досягається шляхом оптимізації конструкції колекторів. Використання вибіркових поверхонь із високим коефіцієнтом поглинання та низькою випромінювальною здатністю дозволяє суттєво зменшити теплові втрати в навколишнє середовище [1]. Окрім того, інтеграція сонячних колекторів із тепловими насосами (SAHPWH) дозволяє досягти річної економії енергії на рівні 42.9%, забезпечуючи стабільне водопостачання за будь-яких умов [3]. Важливу роль відіграє впровадження примусової конвекції та використання матеріалів із високою теплопровідністю, таких як мідь, що прискорює процес теплообміну в системі.

Одним із найбільш перспективних напрямків є застосування нанотехнологій та матеріалів із фазовим переходом. Дослідження показують, що використання нанорідин (на основі CuO або Al_2O_3) підвищує ефективність колекторів на 16-20% завдяки покращеним теплофізичним властивостям теплоносія [4]. Нано-інкапсульовані матеріали з фазовим переходом дозволяють акумулювати теплову енергію та підтримувати стабільну температуру в системі навіть після заходу сонця, що розв'язує проблему переривчастості сонячного випромінювання.

Ефективність експлуатації таких систем також залежить від інтелектуального управління. Впровадження адаптивних стратегій контролю та систем управління енергією будівлі дозволяє підвищити ефективність зберігання теплової енергії на 12.7% за рахунок аналізу погодних даних у реальному часі [5]. Подальший розвиток галузі пов'язаний із комбінуванням фотоелектричних та термальних модулів, що дозволяє одночасно виробляти електрику та тепло, максимально використовуючи площу даху та знижуючи загальну собівартість енергії для кінцевого споживача.

Список використаних джерел.

1. Solar absorption cooling systems: A review / Ali Abdulqader Mustafa [et al.]. *Journal of Thermal Engineering*. 2021. Vol. 7, No. 4. P. 970-983.
2. Energy Consumption of Conventional and Solar Air Conditioning Systems: A Comparative Study / Q. Al-Yasiri [et al.]. *TEM Journal*. 2025.
3. Gaonwe T. P. [et al.]. A review of solar and air-source renewable water heating systems under energy management. *Energy Reports*. 2022.
4. Nano Fluid and Phase Change Materials Practice in Evacuated Tube Solar Collector. *NanoWorld Journal*. 2024.
5. Experimental Study of Solar Hot Water Heating System with Adaptive Control Strategy. *Energies*. 2025.

Науковий керівник: Постол Ю. О., к.т.н., доцент; Петренко К. Г., ст. викл.

УДК 621.313.333.004.58

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗМІННИХ ВТРАТ АКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В АСИНХРОННОМУ ДВИГУНІ ВІД ЗАВАНТАЖЕННЯ РОБОЧОЇ МАШИНИ НА ПРИКЛАДІ ВОВЧКА

Гринюк М. Е., здобувач ступеня вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

На сьогодні близько 50 % електричної енергії, яку виробляють у світі, споживають асинхронні двигуни [1, 2]. Таке застосування вказаних електродвигунів обумовлено їх високою конструкційною надійністю та порівняно незначною вартістю виготовлення [3, 4]. При цьому їх надійність при експлуатації майже у всіх галузях промисловості невисока, про що свідчать щорічні відмови і ремонти близько чверті встановлених асинхронних двигунів. Такий експлуатаційний показник, як час напрацювання на відмову, у них становить лише 0,5 … 1,5 роки [5]. До такої невисокої експлуатаційної надійності вказаних електродвигунів призводять різноманітні зовнішні впливи на них з боку живлячої мережі, робочих машин і навколишнього середовища [6, 7]. Один з таких впливів – це перевантаження, створюване робочими машинами. Воно може виникати, наприклад, через недосконаліть технологічного продукту. У переробній промисловості такою недосконалістю технологічного продукту є низька якість сировини, що перероблюється. Наприклад, м'ясо низького гатунку, яке перемелює вовчок, призводить до збільшення моменту опору робочих органів вовчка. Якщо м'ясо містить тверді фракції (дрібні кісточки, жили тощо), то значення моменту опору робочих органів вовчка збільшується і приводний електродвигун перевантажується. Наслідком перевантаження є збільшення споживаного струму і втрат активної потужності асинхронного двигуна, що обумовлює збільшення енерговитрат на виробництво продукції. Тому необхідно дослідити процес зміни втрат активної потужності в електродвигуні, щоб мати можливість отримати кількісне уявлення про енергоємність виробництва певної продукції. Усі втрати

активної потужності в асинхронному двигуні розподіляють на постійні, які залежать від напруги на його затискачах, і змінні, які залежать від навантаження на його валу. Більшість існуючих математичних моделей процесу зміни втрат активної потужності на виході містять змінні втрати активної потужності як одну складову, хоча втрати у обмотках статора і ротора змінюються не однаково, що обумовлено параметрами електродвигуна. Тому необхідно скласти математичну модель втрат активної потужності з урахуванням завантаження електродвигуна і розподілу змінних втрат на дві складові – втрати у обмотці статора і втрати у обмотці ротора.

Розробку цієї математичної моделі здійснено для приводного електродвигуна вовчка типу К6-ФВП-120, який має продуктивність 2500 кг/год. Робочі органи вовчка приводяться у рух асинхронним двигуном АИР132М2, потужність якого дорівнює 11 кВт. При розробці виконано аналіз процесу електромеханічного перетворення енергії у приводному електродвигуні вказаного вовчка з урахуванням виду механічної характеристики робочої машини і її конструктивних особливостей та отримано рівняння ковзання цього асинхронного двигуна у функції коефіцієнта завантаження:

$$s = \frac{0,06 \times k_з - 0,9229}{0,06 \times k_з - 0,018} - \sqrt{\left(\frac{0,06 \times k_з - 0,9229}{0,06 \times k_з - 0,018}\right)^2 - \frac{0,06 \times k_з - 0,0010638}{0,06 \times k_з - 0,018}}, \qquad (1)$$

де $k_з$ – коефіцієнт завантаження електродвигуна.

Шляхом подальшого аналізу процесу електромеханічного перетворення енергії у приводному асинхронному двигуні за допомогою його Г-подібної схеми заміщення [10] встановлено залежність втрат потужності у обмотці статора і обмотці ротора електродвигуна від його ковзання:

$$\Delta P_1 = \frac{60984}{(0,42 + 0,26/s)^2 + 3,1684} + 30,61; \qquad \Delta P_2 = \frac{37752}{(0,42 + 0,26/s)^2 + 3,1684}, \qquad (2)$$

де ΔP_1, ΔP_2 – втрати активної потужності відповідно в обмотці статора і обмотці ротора, *Вт*.

Результати дослідження $\Delta P_1 = f(k_з)$ і $\Delta P_2 = f(k_з)$ для асинхронного двигуна АИР132М2 показані на рис.1.

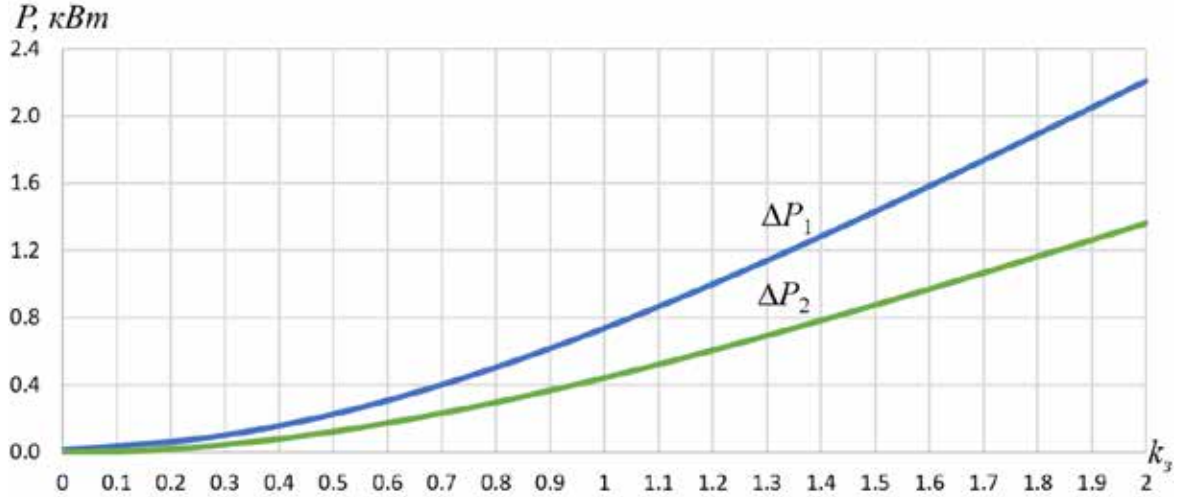


Рис. 1. Залежності $\Delta P_1 = f(k_з)$ і $\Delta P_2 = f(k_з)$ для асинхронного двигуна АИР132М2

З рис.1 випливає, що зі збільшенням коефіцієнту завантаження асинхронного двигуна приводу вовчка втрати активної потужності у його обмотках зростають через підвищення струмів у обмотках. При цьому приріст втрат потужності у обмотках збільшується при зростанні коефіцієнта завантаження електродвигуна. На ділянці перевантаження такий приріст для обмотки статора становить від 128 Вт (при $k_з = 1,1$) до 159 Вт (при $k_з = 2$) і для обмотки ротора – від 80 Вт до 99 Вт при аналогічних завантаженнях. Середній приріст їх

зростання становить 3 Вт на кожний 1 % перевантаження.

Список використаних джерел

1. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Волошина А. А., Стребков О. А. Розробка системи забезпечення ресурсоенергозберігаючого експлуатаційного режиму роботи асинхронного електродвигуна. *Енергетика і автоматика.* 2016. № 4(30). С.89-97.

2. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану і захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка.* 2017. Вип. 186. С. 90-92.

3. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Стребков О. А., Волошина А. А. Енергозберігаючі режими роботи асинхронних електродвигунів при змінному завантаженні. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип.19, т. 3. С.142-150.

4. Вовк О. Ю. Обґрунтування діагностичних параметрів асинхронних електродвигунів для періодичного контроля. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем:* матеріали І Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 43-44.

5. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*. 2014. Вип. 153. С. 85-87.

6. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Пристрій вимірювання ковзання асинхронного електродвигуна. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип.13, т. 2. С. 136-140.

7. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці ТДАТУ.* 2012. Вип. 12, т. 2. С.23-27.

Науковий керівник: Вовк О. Ю., к.т.н., доц.

УДК [631.565: 631.37-043.86]+[633.1:005.931.13]

СУПЕРЕЧНОСТІ РОЗВИТКУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА: НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ АСПЕКТ

Мірських Р. В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса, Україна

Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу України вимагає підвищення продуктивності технологічних процесів на всіх етапах логістичного ланцюга. Зерно, як стратегічно важливий вид сільськогосподарської продукції, вимагає застосування надійного, енергоефективного та технологічно досконалого обладнання для транспортування його транспортно- технологічними лініями (ТТЛ). Проте зростання технічних можливостей, економічна доцільність, екологічні вимоги та експлуатаційна надійність обладнання вступає в пряме протиріччя з вимогами щодо збереження якісних показників насіннєвого матеріалу. Науковий аналіз цих суперечностей є основою для впровадження травмоощадних технологій при транспортуванні зерна.

Сучасні ТТЛ включають велике різноманіття технічних засобів, серед яких стрічкові, ланцюгові та гвинтові конвеєри, норії різних конструктивів, пневмотранспорт, а також комбіновані транспортні системи. Основними напрямами їх розвитку є підвищення продуктивності, автоматизація процесів, зменшення втрат зерна та зниження енергоємності.

Останніми роками спостерігається тенденція до впровадження високопродуктивного обладнання з використанням сучасних матеріалів, цифрових систем управління та засобів

моніторингу і контролю технічного стану. Значна увага приділяється інтеграції транспортних систем у загальні автоматизовані програмі рішення зернопереробних підприємств. Проте впровадження інноваційних рішень часто супроводжується зростанням вартості обладнання та підвищенням вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Однією з основних суперечностей розвитку ТТЛ є протиріччя між зростанням продуктивності та забезпеченням якості зерна. Підвищення продуктивності, а саме швидкості транспортування та пропускної здатності машин часто призводить до механічного пошкодження зерна, збільшення кількості макро- і мікротравм зерна, що негативно впливає на кінцеву якість продукції та її ринкову вартість.

Іншим важливим протиріччям є співвідношення між собівартістю, енергоефективністю та конструктивною складністю обладнання. Оптимізація технологічних схем, використання енергозберігаючих технологій, наприклад частотного регулювання електроприводів; застосування пневматичного транспорту з рекуперацією енергії та аспіраційних систем нового покоління дозволяє суттєво знизити питомі витрати електроенергії, але разом з тим ускладнює конструкцію машин, підвищує їх вартість та знижує ремонтопридатність в умовах експлуатації на сільськогосподарських підприємствах [1]. Останнє в умовах сучасного кадрового дефіциту в Україні є досить важливим критерієм при виборі технологічного обладнання. До того ж у багатьох випадках складні технічні системи виявляються чутливими до відхилень технологічних режимів роботи обладнання, а останнім часом і від наявності та якості електроенергії на підприємствах.

Важливим фактором є також суперечність між універсальністю обладнання та його вузькою спеціалізацією. Універсальні ТТЛ здатні працювати з різними видами зернових культур і продуктів їх переробки, проте зазвичай поступаються спеціалізованим машинам за показниками ефективності та надійності. Водночас, надмірна спеціалізація знижує гнучкість технологічних процесів та обмежує можливості використання обладнання в умовах змінної структури посівних площ.

Розвиток обладнання для транспортування зерна супроводжується також і екологічними суперечностями. З одного боку, сучасні технології спрямовані на зниженні запиленості на підприємстві та зменшенні об’ємів шкідливих викидів у навколишнє середовище. З іншого боку, впровадження герметичних систем і аспіраційного обладнання потребує додаткових енергетичних і технологічних затрат і ускладнює технічне обслуговування. При цьому ми знову впираємося в наявність і кваліфікацію персоналу, що обслуговує це технологічне обладнання.

Експлуатаційна надійність обладнання часто вступає в суперечність із прагненням до мінімізації матеріаломісткості конструкцій. Застосування легких і тонкостінних матеріалів про виготовленні ТТЛ дозволяє знизити масу машин, агрегатів та витрати металу, однак може призводити до зменшення строку служби та підвищеної чутливості до перевантажень і зношування. І навпаки, прагнення зміцнити вузли тертя та ударні зони часто веде до обтяження конструкції, що потребує потужніших приводів.

Окремо необхідно виділити те, що сучасні ТТЛ мають конструктивні недоліки, які важко усунути в межах класичної механіки:

- виникнення зон турбулентності повітряно-продуктового шару на деяких ділянках самопливного обладнання та в деяких вузлах машин і механізмів;
- наявність «мертвих зон», де зерно піддається багаторазовому стиранню;
- відсутність адаптивних систем регулювання швидкості залежно від вологості та засміченості зернової маси.

Подолання науково-технічних суперечностей розвитку обладнання для транспортування зерна можливе лише за умови комплексного та системного підходу, що враховує взаємозв’язок конструктивних, технологічних, енергетичних, екологічних та експлуатаційних чинників. Це і є суттю травмоощадної технології транспортування зерна.

Так, одним із перспективних напрямів є вдосконалення методів проєктування транспортного обладнання на основі цифрових технологій. Застосування комп’ютерного

моделювання робочих процесів, зокрема методів скінченних елементів і дискретно-елементного моделювання, дозволяє детально аналізувати взаємодію зернової маси з робочими органами машин [2, 3]. Це створює передумови для оптимізації геометричних параметрів, швидкісних режимів і матеріалів робочих поверхонь з метою зниження травмування зерна при одночасному забезпеченні високої продуктивності.

Не менш важливим напрямом є розвиток адаптивних та інтелектуальних систем управління рухом зерна у ТТЛ. Використання датчиків навантаження, швидкості, вологості та температури зерна під час процесу в поєднанні з мікропроцесорними системами управління дає змогу автоматично змінювати режими роботи машин залежно від властивостей зернової маси та поточних умов експлуатації. Це сприяє зменшенню енергоспоживання та зберігає якість зерна.

Перспективним напрямком може бути застосування модульного принципу побудови транспортного обладнання. Модульні конструкції дозволяють поєднати переваги універсальності та спеціалізації, забезпечуючи можливість швидкої заміни або модернізації окремих вузлів без повної заміни обладнання. Такий підхід підвищує ремонтопридатність обладнання, скорочує простої та зменшує витрати на його технічне обслуговування.

Окремий вплив при подоланні суперечностей між енергоефективністю та конструктивною складністю відіграє використання новітніх матеріалів та покриття. Застосування зносостійких, антифрикційних і композитних матеріалів дозволяє зменшити масу конструкцій ТТЛ, підвищити строк їх служби та знизити питомі енерговитрати. Водночас актуальним є завдання забезпечення доступності таких матеріалів і можливості їх використання в умовах серійного виробництва.

У питаннях екологічної безпеки перспективним напрямом є інтеграція транспортного обладнання з сучасними ефективними аспіраційними та пиловловлювальними системами, а також герметизація технологічного обладнання. Це дозволяє зменшити втрати зерна та негативний вплив на навколишнє середовище без суттєвого зростання енергоємності системи в цілому.

Окрему увагу слід приділити розвитку систем технічної діагностики та прогнозування відмов. Використання сучасних методів вібраційного, температурного та акустичного контролю дає змогу своєчасно виявляти дефекти та запобігати аварійним ситуаціям. Перехід від планово-попереджувальної до умовно-орієнтованої системи технічного обслуговування є важливим кроком у підвищенні експлуатаційної ефективності ТТЛ [4].

Таким чином нами встановлено, що розвиток обладнання для транспортування зерна характеризується наявністю складних науково-технічних суперечностей, зумовлених взаємодією технічних, економічних та екологічних чинників. Основними з них є суперечності між продуктивністю та збереженістю зерна, енергоефективністю та конструктивною складністю, універсальністю та спеціалізацією обладнання. Перспективні напрями подолання науково-технічних суперечностей у розвитку обладнання для транспортування зерна мають базуватися на поєднанні інноваційних інженерних рішень, цифрових технологій та принципів сталого розвитку, що забезпечить підвищення конкурентоспроможності агропромислового виробництва. Це дозволить не лише зберегти якісні показники насіннєвого матеріалу (схожість, енергію проростання), а й суттєво підвищити економічну ефективність елеваторних комплексів.

Список використаних джерел

1. Бурдільна Є та інш. Оптимізація процесу керування перевантаження зернових продуктів у функції енергоресурсозбереження. *Електромеханічні системи, методи оптимізації та моделювання.* 2023. № 4(63). С. 8-18. https://doi.org/10.32782/2072-2052.2023.4.63.1

2. Мірських Р. Інноваційні методи оцінки якості насіння при впровадженні травмоощадних технологій. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: Матеріали IX Міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 28 листоп. 2025 р.

Харків, 2025. С. 252–255.

3. Zhang T. [et al.]. End-to-end deep fusion of hyperspectral imaging and computer vision techniques for rapid detection of wheat seed quality. *Artificial Intelligence in Agriculture.* 2025. Vol. 15, № 3. P. 537–549. https://doi.org/10.1016/j.aiia.2025.02.003

4. Гурська І. С. [та ін.] Система управління виробничо- господарською діяльністю аграрних підприємств в умовах воєнного стану. *Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного (економічні науки).* № 1(50). 2024. https://doi.org/10.32782/2519-884X-2024-50-8

Науковий керівник: Гончарук Г. А., к.т.н., доц.

УДК 621.43.057:662.756.3

ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОЕТАНОЛЬНИХ ДОБАВОК У ДВИГУНАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Пономаренко Н. О., к.т.н., доц.,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Дніпро, Україна.

Агропромисловий комплекс України є одним із найбільших споживачів моторного палива, щорічно використовуючи понад 3 млн тонн бензину та дизельного палива. При цьому парк сільськогосподарської техніки характеризується високим рівнем зносу та значною токсичністю відпрацьованих газів. Одночасно Україна має потужну сировинну базу для виробництва біоетанолу з відходів цукробурякової промисловості, надлишків зернових культур та целюлозовмісної біомаси [1, 2].

Біоетанол як добавка до товарних бензинів має низку переваг: високе октанове число (107-111), що дозволяє підвищити ступінь стиснення двигуна; наявність кисню в молекулі, що сприяє повнішому згорянню палива; відновлюваність сировинної бази; зниження викидів парникових газів. Світова практика (Бразилія, США, ЄС) демонструє успішність масштабного впровадження біопалив у транспортному секторі [3, 4].

Попередні дослідження показали, що застосування бензоетанольних сумішей із вмістом 10-15% біоетанолу знижує концентрацію монооксиду вуглецю (CO) на 30-40% та вуглеводнів (CnHm) на 15-20% порівняно з чистим бензином. Однак ці дані отримані переважно на автомобільних двигунах, що працюють у відносно стабільних режимах. Двигуни сільськогосподарської техніки експлуатуються в умовах перемінних навантажень, запиленості, підвищених температур, що може впливати на ефективність біопалив [5, 6].

Недостатньо вивченими залишаються питання впливу біоетанольних добавок на токсичність відпрацьованих газів двигунів сільськогосподарської техніки при різних експлуатаційних режимах. Відсутні кількісні дані щодо оптимальної концентрації біоетанолу для різних типів техніки та умов роботи. Потребує обґрунтування економічна доцільність застосування біопалив в АПК України з урахуванням можливостей вітчизняного виробництва.

Мета дослідження – визначити вплив біоетанольних добавок різної концентрації на екологічні показники двигунів сільськогосподарської техніки та обґрунтувати доцільність їх застосування в агропромисловому комплексі.

Завдання дослідження: - провести стендові випробування двигунів на бензині А-92 та бензоетанольних сумішах Е10, Е25, Е50; - визначити концентрацію токсичних компонентів (CO, CnHm, NOx) у відпрацьованих газах на різних режимах навантаження; - встановити кореляційні залежності між концентрацією біоетанолу та рівнем токсичності; - оцінити економічну ефективність впровадження біопалив у сільськогосподарську техніку.

Експериментальні дослідження проводились на випробувальному стенді кафедри

тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ. Використовувався чотирициліндровий бензиновий двигун потужністю 75 кВт, типовий для легкої сільськогосподарської техніки.

Досліджувались чотири типи палива: - А-92 (базове паливо); - Е10 (10% біоетанолу + 90% бензину); - Е25 (25% біоетанолу + 75% бензину); - Е50 (50% біоетанолу + 50% бензину).

Біоетанол отримано на вітчизняному спиртовому заводі з бурякової меляси, чистота 99,5%.

Вимірювання токсичності проводились на шести режимах: холостий хід (850 хв$^{-1}$), часткові навантаження (25%, 50%, 75% від номінальної потужності) при 2000 хв$^{-1}$, номінальне навантаження (100%) при 3000 хв$^{-1}$, максимальна частота обертання (4000 хв$^{-1}$).

Концентрація токсичних компонентів визначалась газоаналізатором BOSCH BEA-260. Кожне вимірювання повторювалось тричі, результати усереднювались. Температура двигуна підтримувалась на рівні 85-90°С.

Результати досліджень показали стабільне зниження концентрації СО при збільшенні вмісту біоетанолу. На режимі холостого ходу концентрація СО склала: А-92 – 0,68%, Е10 – 0,54% (-20,6%), Е25 – 0,38% (-44,1%), Е50 – 0,25% (-63,2%). Максимальний ефект спостерігався при частковому навантаженні 50%, де зниження СО для Е50 досягало 68%.

Концентрація вуглеводнів CnHm також демонструвала зниження: на холостому ходу А-92 – 135 ppm, Е10 – 118 ppm (-12,6%), Е25 – 98 ppm (-27,4%), Е50 – 105 ppm (-22,2%). Слід відзначити, що для Е50 ефект був дещо меншим порівняно з Е25, що пояснюється неповним згорянням при надлишку етанолу.

Концентрація оксидів азоту NOx показала неоднозначну динаміку. На режимах часткових навантажень спостерігалось зниження NOx на 8-12%, однак на режимі номінального навантаження концентрація NOx для Е50 зросла на 15% порівняно з А-92. Це пов’язано з підвищенням температури згоряння через компресорний ефект біоетанолу.

Усі досліджувані палива забезпечували дотримання норм ДСТУ 4277:2004. Для Е25 та Е50 запас щодо граничних значень СО та CnHm становив 75-85%, що дозволяє компенсувати підвищення токсичності при зносі двигуна.

Кореляційний аналіз виявив сильну лінійну залежність між концентрацією біоетанолу та зниженням СО (r=-0,94) і помірну залежність для CnHm (r=-0,76). Регресійні рівняння дозволяють прогнозувати токсичність для будь-якої концентрації біоетанолу в діапазоні 0-50%.

Економічні розрахунки показали, що при поточних цінах на бензин (52 грн/л) та біоетанол (48 грн/л) суміш Е25 на 6-8% дешевша за чистий бензин. Враховуючи потенційні податкові пільги, економічний ефект може зрости до 12-15%.

Проведені дослідження підтвердили високу екологічну ефективність застосування біоетанольних добавок у двигунах сільськогосподарської техніки. Оптимальною є суміш Е25, що забезпечує зниження СО на 44%, CnHm на 27% при збереженні всіх експлуатаційних характеристик двигуна.

Для суміші Е50 спостерігається подальше зниження СО (на 63%), однак підвищується концентрація NOx та знижується економічність через меншу теплотворну здатність палива. Застосування Е50 доцільне для техніки, що працює безпосередньо на полях та у фермерських господарствах, де зниження локальних викидів токсичних речовин має критичне значення.

Впровадження біопалив в АПК України дозволить знизити щорічні викиди СО на 1200-1500 т, CnHm на 350-450 т, що значно покращить екологічну ситуацію в сільських районах.

Перспективи подальших досліджень включають вивчення впливу біоетанольних добавок на ресурс двигунів, дослідження низькотемпературних властивостей бензоетанольних сумішей та розробку технологій виробництва біоетанолу другого покоління з целюлозовмісних відходів.

Список використаних джерел.

7. Безрідний В. В. Вплив сумішевих бензинів на викиди шкідливих речовин в відпрацьованих газів автомобілів. *Інноваційна наука: пошук відповідей на виклики сучасності*:

Матеріали конференції. Могилів-Подільський, 2024. С. 288-293.

8. Енергетична стратегія України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”. Схвалено розпорядженням КМУ від 18.08.2017 № 605-р.

9. Goldemberg J., Coelho S.T., Guardabassi P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. *Energy Policy*. 2008. Vol. 36(6). P. 2086-2097. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.02.028

10. Tyner W.E. The US ethanol and biofuels boom: Its origins, current status, and future prospects. *BioScience*. 2008. Vol. 58(7). P. 646-653. https://doi.org/10.1641/B580718

11. Канило П. М., Костенко К. В., Сарапина М. В. Шляхи поліпшення екологічних показників автомобілів при використанні високоароматизірованних нафтових палив. *Автомобільний транспорт*. 2008. Вип. 22. С. 31-37.

12. Kaletnik G. M., Pryshliak N. V., Pryshliak V. M. Public policy and biofuels: Energy, environment and food trilemma. *Journal of Environmental Management and Tourism*. 2019. Vol. 10(2). P. 479-487. https://doi.org/10.14505/jemt.v10.2(34).22

УДК 621.311:004.9

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Борисенко Е. Я., здобувач вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

В умовах глобальних кліматичних змін та стрімкого зростання попиту на енергоресурси питання енергетичної ефективності стає пріоритетним для багатьох країн світу. Сучасні енергетичні системи стикаються із серйозними викликами: суттєвими втратами при транспортуванні, застарілою інфраструктурою та низьким рівнем оптимізації споживання, що призводить до надмірного використання природних ресурсів та збільшення викидів парникових газів. Найбільш перспективним рішенням для подолання цих проблем є впровадження розумних мереж (Smart Grids), які інтегрують цифрові та інформаційні технології в традиційну електричну інфраструктуру [1]. Це дозволяє створити гнучку енергосистему, здатну автоматично оптимізувати використання ресурсів та мінімізувати втрати [2].

Основними технічними компонентами таких мереж є інтелектуальні лічильники (Smart Meters), які забезпечують двосторонній обмін даними між споживачем і постачальником, а також системи управління енергією (EMS), що здійснюють моніторинг потоків у реальному часі [3]. На відміну від традиційних мереж, де енергія передається лише в одному напрямку, Smart Grids підтримують активну взаємодію між усіма елементами системи через технології IoT, Wi-Fi або 5G. Це дозволяє не лише реагувати на аварії, а й прогнозувати їх, що значно підвищує надійність енергопостачання [4].

Завдяки постійному моніторингу оператори можуть точно виявляти аномалії та несанкціоновані втрати енергії. Водночас споживачі отримують можливість контролювати своє споживання в реальному часі, обираючи найбільш ефективні часові інтервали для використання приладів, що сприяє вирівнюванню пікових навантажень на мережу. Досвід впровадження таких проектів, зокрема в Німеччині, демонструє можливість зниження викидів вуглекислого газу на 15% завдяки інтелектуальному розподілу енергії [5].

Важливою перевагою розумних мереж є їхня здатність ефективно інтегрувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячні панелі та вітрогенератори, виробіток яких є

переривчастим. Система автоматично адаптується до змін у генерації, коригуючи розподіл енергії та мінімізуючи дисбаланс між попитом та пропозицією [3]. Використання сучасних сенсорів, покращених кабелів та прогностичних алгоритмів дозволяє оптимізувати напругу в мережі, що значно знижує фізичні втрати енергії та сприяє екологічно сталому розвитку енергетичної інфраструктури.

Список використаних джерел

1. Tuballa M. L., Abundo M. L. A review of the development of Smart Grid technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016.
2. Hossain M. S. et al. Smart Grid Resiliency–Review and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023.
3. Dilberoglu U. M. [et al.] The Role of IoT in Smart Grid Technology. *Procedia Manufacturing*. 2021.
4. Zhu Z. et al. Integration of Renewable Energy Sources into Smart Grid: A Review. *IEEE Access*. 2022.
5. Al-Yasiri Q. [et al.]. Energy Consumption of Conventional and Solar Air Conditioning Systems: A Comparative Study. *TEM Journal*. 2025.

Наукові керівники: Постол Ю. О., к.т.н., доц.; Гулевський В. Б., к.т.н., доц.

УДК 620.92

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА РОЗВИТОК ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Колесник П. С., здобувач вищої освіти «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

У сучасних умовах питання раціонального використання енергоресурсів набуває критичного значення, що спонукає до пошуку нових інженерних рішень. В тезах про вдосконалення сонячних систем розглядається проблема ефективного використання сонячної енергії для охолодження повітря в будівлях та нагрівання води [1]. Пропонується інноваційний підхід, що включає новий тип сонячної панелі, здатної перетворювати випромінювання безпосередньо на холод, а також модернізовану систему нагріву води з використанням теплових насосів. Оскільки такі системи залежать від погодних умов, для підвищення їхньої продуктивності пропонується застосовувати матеріали з високою теплопровідністю, селективні покриття та конструкції з подвійним склінням, що мінімізують тепловтрати [2]. Важливу роль відіграє впровадження інтелектуальних систем управління, які автоматично адаптують роботу обладнання до поточних потреб та умов середовища.

Паралельно з удосконаленням генерації розвиваються технології розподілу енергії, зокрема розумні мережі. Ці системи об'єднують традиційну електричну інфраструктуру з цифровими технологіями для оптимізації споживання та інтеграції відновлюваних джерел [3]. Ключовими компонентами розумних мереж є інтелектуальні лічильники та системи управління енергопотоками, які забезпечують двосторонній зв'язок між постачальником і споживачем. На відміну від класичних мереж, Smart Grid дозволяє прогнозувати аварії, балансувати навантаження в реальному часі та ефективно керувати нестабільною генерацією від сонячних та вітрових станцій [4]. Практичний досвід впровадження таких технологій, наприклад у регіоні Північний Рейн-Вестфалія, продемонстрував можливість зниження викидів вуглекислого газу на 15%.

В умовах обмеженості земельних ресурсів особливої актуальності набувають плавучі сонячні електростанції (ПСЕ), які розміщуються на поверхні водосховищ та озер. Розміщення панелей на воді дозволяє не лише заощадити земельні площі, а й підвищити ефективність генерації завдяки природному охолодженню модулів, а також значно зменшити випаровування води з водойм [5]. Такий масштабний проект передбачає створення гібридної системи, в якій сонячні станції працюватимуть удень, а гідроелектростанції – вночі [6], що забезпечить стабільне енергопостачання та раціональне використання водних ресурсів регіону.

Список використаних джерел

1. Fasfous W. [et al.] Solar absorption cooling systems: A review. *International Journal of Energy Research*. 2023.
2. Al-Yasiri Q. [et al.]. Energy Consumption of Conventional and Solar Air Conditioning Systems: A Comparative Study. *TEM Journal*. 2025.
3. Hossain M. S. [et al.]. Smart Grid Resiliency–Review and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023.
4. Zhu Z. [et al.]. Integration of Renewable Energy Sources into Smart Grid: A Review. *IEEE Access*. 2022.
5. Liu H., Wei Z., Xu H. Economic and environmental analysis of floating solar power plants. *Applied Energy*. 2022.
6. Singh R., Malhotra P. Floating solar plants: Technological advancements and operational insights. *Energy*. 2023.

Науковий керівник: Постол Ю. О., к.т.н., доц.; Петренко К. Г., ст. викл.

УДК 004

АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ПОСІВІВ ТА ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ОСНОВІ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Фуркало Д. Ю. здобувач СВО «Бакалавр»
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Сучасне сільське господарство дедалі більше орієнтується на використання цифрових технологій для підвищення врожайності, зменшення втрат та оптимізації витрат ресурсів. Однією з ключових проблем є своєчасне виявлення хвороб рослин і шкідливої рослинності, які можуть суттєво знижувати продуктивність посівів. Традиційні методи моніторингу, що базуються на візуальному огляді агрономами, є трудомісткими, суб'єктивними та складно масштабованими для великих площ [1].

Для навчання та первинної валідації нейромережевої моделі в роботі було використано відкритий агродатасет PlantVillage Dataset [2], який широко застосовується у дослідженнях з комп'ютерного зору та аналізу стану рослин. Даний датасет містить велику кількість зображень листя сільськогосподарських культур, серед яких представлені яблуня, кукурудза, виноград, томати, картопля та інші рослини. Кожне зображення віднесене до окремого класу, що відповідає або здоровому стану рослини, або конкретному типу захворювання, що дозволяє використовувати датасет для задач багатокласової класифікації.

З метою забезпечення коректної роботи згорткової нейронної мережі та підвищення стабільності процесу навчання було виконано попередню обробку вхідних даних. Усі зображення були приведені до єдиного розміру, що дало змогу формувати однорідні вхідні тензори для нейронної мережі. Значення пікселів було нормалізовано, що сприяло швидшій

збіжності алгоритму навчання та зменшенню впливу різниці в освітленні на результат класифікації. Окрім цього, для підвищення узагальнювальної здатності моделі застосовувалися методи аугментації даних, зокрема випадкові обертання, віддзеркалення та незначні зміни яскравості зображень. Такий підхід дозволив штучно збільшити різноманітність навчальної вибірки та знизити ризик перенавчання моделі на обмеженому наборі даних [3].

В основі розробленої системи лежить згорткова нейронна мережа, призначена для автоматичного виділення просторових ознак із зображень листя рослин. Архітектура моделі побудована як послідовність згорткових шарів, які виконують детекцію локальних візуальних патернів, таких як плями, зміни текстури та колірні аномалії, характерні для різних видів захворювань. Для введення нелінійності в модель використовувалася функція активації ReLU, а шари субдискретизації забезпечували зменшення розмірності ознак і підвищення стійкості до незначних змін у вхідних зображеннях. Фінальний етап класифікації реалізовано за допомогою повнозв'язних шарів, які формують ймовірнісний розподіл за всіма класами.

Процес навчання моделі здійснювався з використанням фреймворку TensorFlow. Для оптимізації ваг нейронної мережі застосовувався алгоритм Adam, який поєднує переваги методів адаптивного навчання та моменту, що забезпечує ефективну та стабільну збіжність. Як функцію втрат було обрано categorical cross-entropy, що є стандартним вибором для задач багатокласової класифікації.

З метою об'єктивної оцінки ефективності моделі датасет було розподілено на навчальну та тестову вибірки. Під час навчання здійснювався постійний моніторинг точності та значення функції втрат на валідаційних даних, що дозволяло своєчасно виявляти ознаки перенавчання. Для цього застосовувався механізм ранньої зупинки, який припиняв процес навчання у випадку відсутності покращення показників якості. Такий підхід забезпечив досягнення збалансованого співвідношення між точністю моделі та її здатністю узагальнювати результати на нових, раніше невідомих зображеннях.

Для детального аналізу результатів класифікації була побудована нормалізована матриця плутанини (рис. 1). Вона дозволяє оцінити якість розпізнавання кожного класу окремо та виявити найбільш проблемні пари класів.

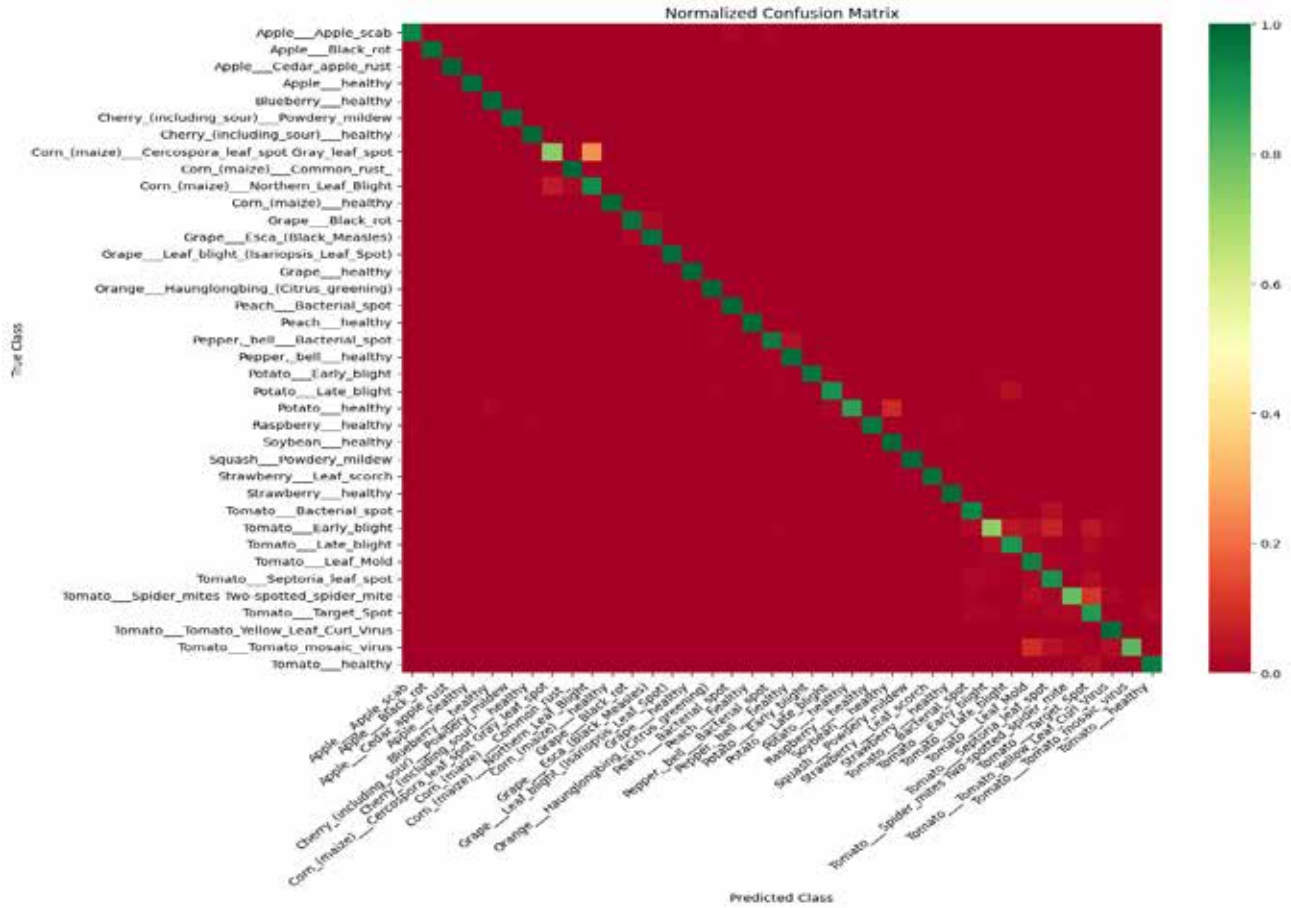


Рис. 1. Нормалізована матриця плутанини результатів класифікації захворювань рослин на датасеті PlantVillage

Аналіз матриці плутанини показує, що більшість класів мають високі значення на головній діагоналі, що свідчить про коректну класифікацію зображень здорових рослин та типових захворювань. Особливо високі показники спостерігаються для класів із чітко вираженими візуальними ознаками, таких як Apple___Apple_scab, Potato___Late_blight та Tomato___healthy.

Водночас зафіксовано певну кількість помилок між класами, які мають подібні симптоми ураження, наприклад між різними видами плямистостей або ранніми та пізніми стадіями хвороб. Це свідчить про обмеження датасету PlantVillage, який здебільшого містить лабораторні зображення з однорідним фоном, та вказує на необхідність подальшого донавчання моделей на реальних польових даних.

У роботі продемонстровано ефективність застосування згорткових нейронних мереж для задач автоматизованого моніторингу стану посівів та виявлення шкідливої рослинності. Аналіз результатів на основі PlantVillage Dataset і матриці плутанини підтвердив високу якість класифікації більшості класів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на адаптацію моделей до реальних польових умов, розширення датасетів та оптимізацію швидкодії системи для використання в режимі реального часу.

УДК 620.179.621.112

ОСОБЛИВОСТІ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Аліменко С. В., ЗВО 12с(ФМБ) АІ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Фрикційні матеріали – це матеріали, що працюють в умовах тертя і використовуються в гальмівних та зчеплювальних системах мобільної техніки (автомобілі, трактори, будівельні, сільськогосподарські та спеціальні машини). Фрикційні матеріали для мобільної техніки мають відповідати ряду жорстких вимог: стабільний коефіцієнт тертя в широкому діапазоні швидкостей, навантажень і температур; висока зносостійкість; термостійкість (збереження властивостей при нагріванні до 300–600 °С і вище); механічна міцність і опір руйнуванню; мінімальний знос контртіла (диска, барабана); стійкість до вологи, пилу, мастил та агресивних середовищ; низький рівень шуму і вібрацій.

Фрикційні матеріали зазвичай є композиційними і складаються з: матриці (органічної, металевої або керамічної); армувальних компонентів (волокна: скляні, вуглецеві, мінеральні); фрикційних добавок (графіт, оксиди металів); зв'язуючих речовин (смоли, сплави); модифікаторів тертя та зносу.

Основні типи фрикційних матеріалів: органічні (безазбестові) - м'яка робота, низький шум, обмежена термостійкість, широко застосовуються в легкових авто; металокерамічні (синтеровані) - висока термостійкість і зносостійкість, працюють при великих навантаженнях, використовуються у важкій техніці; керамічні та вуглецеві - надвисока теплостійкість, стабільні фрикційні характеристики, дорожчі, застосовуються у спеціальній техніці.

Порошкові металокерамічні фрикційні матеріали застосовують у важких режимах тертя. Їх роблять на залізній і мідній основах. Найпоширенішими фрикційними матеріалами на основі заліза є ФМК-8 і ФМК-11, МКВ-50А і СМК, а на основі міді – МК-5.

Крім основи і металевих компонентів (*Sn, Pb, Ni* і ін.), що забезпечують міцність, високу теплопровідність і зносостійкість, ці матеріали містять неметалеві домішки азбесту, граніту, оксидів кремнію, сульфідів, нітридів. Спечені порошкові матеріали застосовують для оснащення таких вузлів, що працюють у вузлах тертя без мастила, як дискові гальма, муфти зчеплення автомобілів, фрикційні вузли різних приладів, рідше – для колодкових і стрічкових гальм деяких передавальних пристроїв. Для роботи в надважких умовах тертя, за високих температур використовують вуглець-вуглецеві композиційні матеріали (ВВКМ), добуті на основі вуглецевої матриці і вуглецевих волокнистих наповнювачів [1-4].

Особливості роботи в мобільній техніці: часті змінні режими навантаження; робота в умовах ударів і вібрацій, контакт з брудом, водою, піском, потреба в надійності та довговічності при мінімальному обслуговуванні.

Сучасні тенденції - відмова від азбесту (екологічні вимоги), розробка екологічно безпечних композитів, підвищення ресурсу та енергоефективності, зниження шуму та пиловиділення.

Список використаних джерел.

1. Журавель Д. П. Триботехніка. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

2. Журавель Д. П. та ін. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: підручник для здобувачів вищої освіти. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 448 с., іл.

3. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу. Підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

4. Дідур В. А., Савченко О. Д., Журавель Д. П., та ін. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: підручник. 2008. 577 с.

Науковий керівник: Журавель Д. П., д.т.н., проф.

УДК 620.179.621.112

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ СТІЙКИХ ДО АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Аршинніков Д. С., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Абразивне зношування виникає внаслідок тертя поверхні деталі твердими частинками або шорсткими поверхнями, що призводить до поступової втрати матеріалу. Для підвищення довговічності машин і механізмів широко застосовують матеріали з підвищеною стійкістю до абразивного зношування. Такі матеріали використовуються в гірничодобувній, металургійній, будівельній, сільськогосподарській та енергетичній галузях. Вони особливо затребувані для виготовлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного тертя: ковші екскаваторів, дробарки, шнеки, лопаті, футерівки млинів, транспортні жолоби, плуги та робочі органи сільськогосподарської техніки. До матеріалів, стійких до абразивного зношування, належать високомарганцеві сталі, леговані сталі з високою твердістю, чавуни з карбідами, тверді сплави, керамічні матеріали та композити. Широке застосування мають також захисні покриття – наплавлення, термічне напилення, хромування та нітрування, які дозволяють значно збільшити термін служби деталей без повної заміни [1,2].

Використання зносостійких матеріалів і покриттів дозволяє зменшити витрати на ремонт і обслуговування обладнання, підвищити його надійність та ефективність роботи в умовах агресивного абразивного середовища. В умовах абразивного зношування провідними є процеси багаторазового деформування поверхні ковзними по ній частинками і мікрорізання. У цих умовах найбільшу зносостійкість мають матеріали, структура яких складається з твердої карбідної фази й високоміцної матриці, що утримує їх. Таку структуру має велика група сталей і сплавів. У найважчих умовах роботи застосовують карбідні сплави. У промисловості застосовується більше ста складних за хімічним складом литих і наплавних матеріалів. Вони являють собою сплави з високим умістом вуглецю (до 4%) і карбідотворних елементів (*Cr, W, Ti*). Для деталей, що працюють без ударних навантажень, застосовують сплави **з** мартенситною структурою. До них належать сплави типу В25Х38, У30Х23М2С2Е. Деталі, що працюють у легших умовах зношування, виготовляють з низько- і середньовуглецевих сталей, що піддаються загартуванню, цементації й азотуванню [3,4].

Надтверді матеріали застосовують для оснащення (вставками) лезових інструментів (різців, свердел, торцевих фрез) для механічної обробки. Їхня твердість і зносостійкість значно вищі, ніж твердих сплавів, мінералокераміки і швидкорізальної сталі.

Основними надтвердими матеріалами є синтетичні алмази і кубічний нітрид бору (КНБ). За твердістю синтетичний алмаз у шість разів перевершує твердість карбіду вольфраму й у вісім разів – твердість швидкорізальної сталі. За твердістю КНБ не поступається алмазу, але перевершує його за теплоємністю (1200°С) і хімічною інертністю.

Список використаних джерел.

1. Журавель Д. П. Триботехніка. Курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.
2. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.
3. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Журавель Д. П. та ін. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібник. Київ: ЦП «КомпрИнт», 2019. 370 с.
4. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

Науковий керівник: Журавель Д. П., д.т.н., проф.

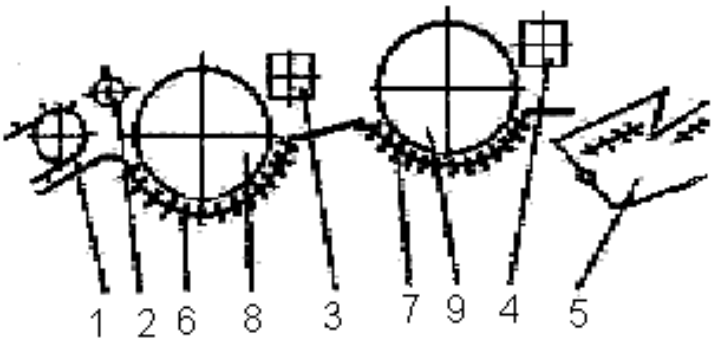
УДК 631.312.021

ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПРОЄКТОВАНОГО МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРУЮЧОГО ПРИСТРОЮ

Шамшур О. І., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Серед відомих молотильних пристроїв на практиці найбільше поширення отримали схеми з тангенціальним та аксіальним подаванням зернової маси в молотильний апарат. Слід зазначити, що молотильно-сепаруючі пристрої з аксіальним подаванням застосовуються переважно американськими фірмами, у яких цим молотильно-сепаруючим пристроєм оснащено до 30 % моделей комбайнів, тоді як європейськими фірмами – лише 3 %.[1,3] У той же час тангенціальні молотильні пристрої отримали найбільше поширення в нашій країні – понад 80 %. Таке поширення цієї схеми зумовлене високою продуктивністю, відносно невеликою необхідною потужністю, а також меншим подрібненням соломи та роздрібленням зерна. Слід зазначити, що перевагою тангенціального молотильного апарата залишається простота виготовлення, а також монтажу та експлуатації.[2,3]

На рис.1. представлена конструкція двобарабанного молотильного апарата, усі елементи якого уніфіковані з елементами однобарабанного апарата.



1 – транспортер, 2 – приймальний бітер, 3 – проміжний бітер, 4 – відбійний бітер, 5 – соломотряс, 6 – перша дека, 7 – друга дека, 8 – перший барабан, 9 – другий барабан

Рис.1. Принципова схема проєктованого молотильного пристрою

Особливості технологічного процесу двоступеневого обмолоту, що здійснюється у двобарабанних комбайнах, полягають у наступному.

У першому молотильному апараті застосовують меншу частоту обертання та більші зазори між барабаном і декою, ніж у другому молотильному апараті. Завдяки цьому відбувається обмолот та виділення декою найбільш стиглого, великого та легко обмолочуваного зерна. Другий молотильний апарат, навпаки, регулюють на більшу частоту обертання та менші зазори, ніж це робиться у першому апараті. У результаті тут здійснюється остаточне обмолочування зерна та подальше його виділення через отвори деки.

Розглянута схема підтвердила свою надійність, а також високі якісні показники завдяки багаторічній експлуатації. Використання таких схем і надалі, а також їх вдосконалення, знайде своє місце у нових зернозбиральних комбайнах.

Багаторічний досвід експлуатації даного молотильного пристрою показав, що обмолот зернових і зернобобових культур здійснюють двома барабанно-декovими пристроями однакової конструкції, але з різними режимами обмолоту. Колова швидкість бил першого барабана зменшена на 10…15 %, молотильні зазори на вході збільшені на 10 %, а на виході зменшені на 25 %. Чим менша частота обертання першого барабана, тим краще реалізується суть двофазного обмолоту, однак при цьому значно знижується пропускна здатність всього

молотильно-сепаруючого пристрою та зростає кількість порушень процесу обмолоту.

У даному проєкті пропонується молотильно-сепаруючий пристрій, що дозволить підвищити продуктивність, а також рівномірно розподіляти зернову масу по всій поверхні підбарабання.

Для досягнення зазначених цілей у першому молотильному апараті змінено конструкцію деки та барабана.

Конструкція деки, відповідно до рис.2, складається з двох зварних секцій, причому плоска секція 7 встановлена по дотичній до барабана, а криволінійна 6 з виступом до неї.

Турбінний барабан 2, відповідно до рисунків 1,2, складається з чотирьох секцій, кожна з яких має конструкцію бильного барабана. Кожна секція повернута відносно попередньої так, що бичі зміщені на чверть відносно сусідніх бичів.

Конструкція другого молотильного апарата порівняно з серійною модифікацією залишилася без змін.

Зернова маса, подана транспортером на направляючу плиту, стискається приймальним битером 4, що сприяє початковому відділенню зерна від соломи, і протягується на прямолінійну секцію 7, де відбувається інтенсивний обмолот через решітку. У кінці прямолінійної секції 7 обмолочувана маса стискається турбінним барабаном 2, який багаторазово ударяє її та протягує на криволінійну секцію деки 6, де відбувається вирівнювання, оскільки конструкція барабана 2 створює поздовжньо-осьовий зворотно-поступальний крутний момент по всій його довжині. Оскільки секція 7 розміщена нижче за секцію 7, обмолочувана маса піднімається і тут здійснюється основний обмолот через решітку криволінійної секції деки 5.

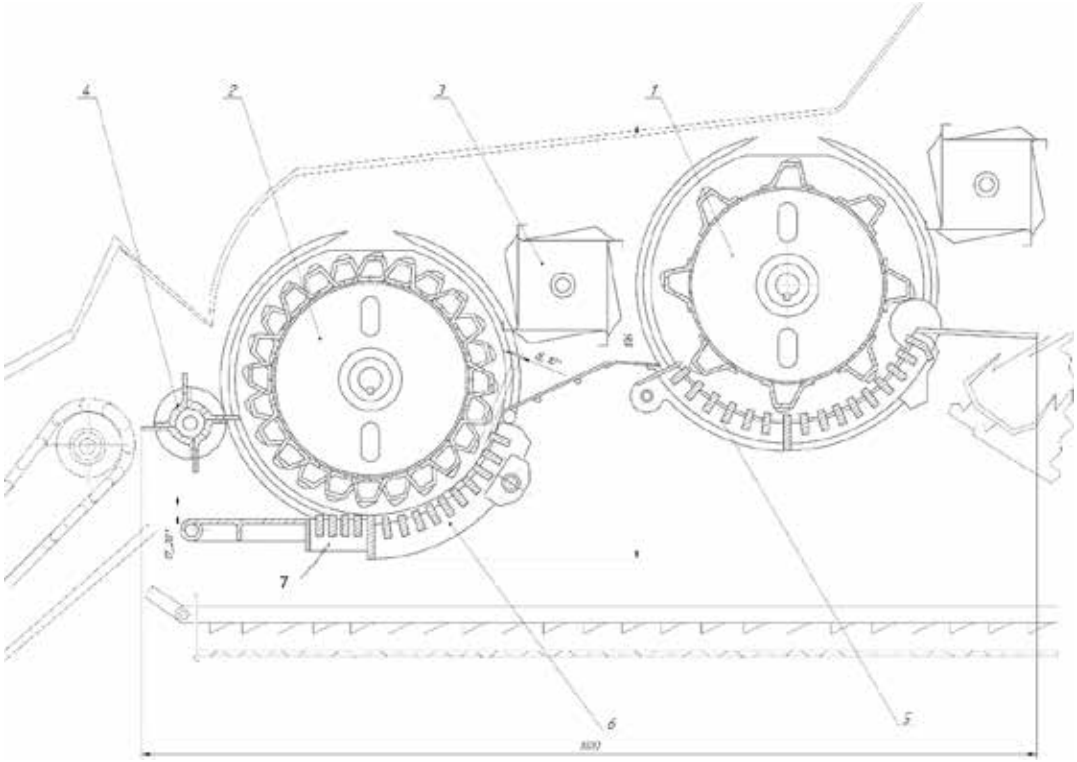


Рис. 2. Проектний молотильно-сепарувальний апарат

Домолот здійснюється у кінцевій частині секції 5, оскільки зернова маса знову стискається внаслідок того, що зазор на вході менший, ніж на виході, та протягується вздовж криволінійної частини підбарабання.

Зернова маса, що подається похплом транспортером, переміщується приймальним бітером на прямолінійну секцію 7, де відбувається основний, підвищений обмолот, оскільки на ділянці довжиною 120…150 мм вона виконана решітчастою. Далі, рухаючись по поверхні прямолінійної секції 7, зернова маса протягується турбінним барабаном 2 по поверхні криволінійної секції 6, де здійснюється обмолот менш стиглого зерна. Завдяки зміщенню бил

барабану відбувається вирівнювання зернової маси.

Другий молотильний апарат здійснює домолот зернової маси, протягуючи її барабаном 1 по поверхні деки 5 та наносячи удари билами. Після цього обмолочена маса подається на соломотряс.

Даний молотильний пристрій підвищує пропускну здатність і забезпечує вирівнювання зернової маси, завдяки чому працює без забивання, а отже, сприяє підвищенню загальної продуктивності зернозбирального комбайна.

Список використаних джерел

1. Бурилко В. П. Молотильно-сепаруючі пристрої зернозбиральних комбайнів. Харків : ХНТУСГ, 2007. – 214 с.
2. Combines and Harvesters: Theory and Design / J. A. Smith, R. Brown. New York : Springer, 2016. 520 p.
3. Agricultural Machinery Management Data / ASABE Standards. St. Joseph, MI, USA, 2019. 380 p.
4. Левченко І. В. Теорія та розрахунок молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів. Київ:НУБіП України, 2010. 268 с.

Науковий керівник: Заєць М. Л., к.т.н., доц.

УДК 620.179.621.112

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС ДВИГУНІВ ПРИ РОБОТІ НА БІОПАЛЬНОМУ

Шпонька Є. С., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Технічний сервіс двигунів, що працюють на біопальному (біодизель, біоетанол або біогаз), має суттєві відмінності від обслуговування класичних агрегатів. Це обумовлено насамперед тим, що біологічні пальні відрізняються від мінеральних хімічними властивостями: вищою агресивністю, гігроскопічністю та схильністю до утворення відкладень. Під час ремонту двигунів, що працюють на біопальному варто звернути увагу на ключові особливості, такі як: паливна система та ущільнювачі: біодизель є потужним розчинником. Він швидко руйнує деталі зі звичайної гуми (NBR). Заміна матеріалів: при ремонті всі гумові шланги, прокладки та ущільнювачі замінюють на вироби з фторкаучуку (Viton); очищення форсунок: через вищу в'язкість біопального на соплах форсунок швидше утворюється нагар. Під час ремонту обов'язково проводиться ультразвукова чистка [1,2].

Цилиндро-поршнева група (ЦПГ): біопальне має нижчу температуру згоряння, що може призводити до специфічних відкладень, нагар на клапанах, часто спостерігається "закоксовування" поршневих кілець та клапанів. При дефектовці особливу увагу приділяють чистоті фасок клапанів; оскільки біоетанол та біодизель гігроскопічні, всередині паливної системи та на дзеркалі циліндрів може виникати точкова корозія (піттинг), якщо двигун довго простоював. Важливим елементом технічного сервісу двигунів при роботі на біопаливі є система змащування. Через можливе потрапляння біопального в моторну оливу відбувається її розрідження та погіршення змащувальних властивостей, що може призвести до прискореного зносу деталей двигуна. Тому рекомендується частіша заміна оливи та використання мастильних матеріалів, сумісних із біопальним. Також необхідно контролювати утворення нагару на поршнях, клапанах і в камері згоряння, а також температурний режим роботи двигуна. Біопальне в картері може вступити в реакцію з моторною оливою, перетворюючи її на густу масу, схожу на желе; при ремонті двигуна після використання

неякісного біопального потрібна повна хімічна промивка масляних каналів. Особливості для газових двигунів (біогаз): якщо двигун працює на біогазі (отриманому з відходів), головною проблемою є сірководень (H_2S) та силоксани; знос гільз: силоксани під час згоряння перетворюються на твердий діоксид кремнію (пісок), який діє як абразив. При ремонті часто виявляється критичний знос гільз циліндрів в результаті кислотної корозії: сірководень утворює сірчану кислоту, яка роз'їдає вкладиші підшипників та вихлопну систему [3,4].

Своєчасний і якісний технічний сервіс двигунів, що працюють на біопальному, забезпечує їх надійну та довговічну експлуатацію, зменшує знос основних вузлів і агрегатів, а також сприяє зниженню шкідливих викидів в атмосферу. Отже, ефективне використання біопального можливе лише за умови дотримання спеціальних вимог до технічного обслуговування двигунів, що дозволяє поєднати економічну доцільність із екологічною безпекою.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

2. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.

3. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Журавель Д. П. та ін. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібник. Київ: ЦП «КомпрИнт», 2019. 370 с.

4. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

Науковий керівник: Журавель Д.П., д.т.н., проф.

УДК 631.312.021

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОПЕРАТОРА В СУЧАСНИХ АГРАРНИХ МАШИНАХ

Невмержицький Т. В., здобувач вищої освіти ОС «Магістр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Термінали CEBIS використовується в тракторах, зернозбиральних комбайнах і подрібнювальних машинах різних компанії та виконують функції системи керування, моніторингу й інформаційного забезпечення технологічних процесів. Уніфікована структура та єдиний для різних типів машин принцип меню-орієнтованого керування забезпечують ефективну взаємодію оператора з машиною та оперативне налаштування її функціональних параметрів[1].

Система оптимізації машин CEMOS є інтелектуальною системою підтримки прийняття рішень оператора. Вона забезпечує адаптивне налаштування режимів роботи машин відповідно до конкретних умов експлуатації, сприяє раціональному використанню технічного потенціалу та підвищенню стабільності технологічного процесу. Застосування оптимізаційної системи дозволяє підвищити продуктивність машин і зменшити вплив людського чинника.

Термінал CEBIS MOBILE має аналогічну структуру керування з терміналом CEBIS-ONBOARD, що забезпечує уніфікацію інтерфейсу користувача. Системи GPS PILOT, TELEMATICS та CEMOS можуть функціонувати в інтегрованому режимі з можливістю відображення на дисплеї будь-якої обраної інформаційної підсистеми. Крім того, термінал може бути доукомплектований модулем ISOBUS для реалізації технологій точного землеробства [1].

ISOBUS-сумісний термінал **COMMUNICATOR** (рис. 1.) призначений для

централізованого керування навісними та причіпними машинами, стандартизованими відповідно до вимог ISO, а також для управління системою візуального контролю **CLAAS CAM PILOT**. Застосування термінала забезпечує уніфікований інтерфейс взаємодії оператора з агрегатованими технічними засобами. [1]

Рис. 1. ISOBUS-сумісний термінал COMMUNICATOR

Система **CRUISE PILOT** (рис. 1.) функціонує за принципом випередження керування та здійснює регулювання режимів роботи до виникнення пікових навантажень на робочі органи машини. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу машин з максимально можливою ефективністю за змінних умов експлуатації.

Дана система автоматично встановлює оптимальну швидкість збирання врожаю та, з урахуванням стилю керування оператора, здійснює комплексний контроль основних експлуатаційних параметрів машини. Такий підхід сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню ймовірності перевантажень. [2]

Навіть досвідчений оператор не завжди має змогу одночасно враховувати всі фактори, що впливають на роботу машини. У зв'язку з цим доцільним є застосування спеціалізованих систем керування рухом, вимірювання, візуального контролю та зондування, які забезпечують отримання й обробку необхідної інформації безпосередньо в польових умовах.

Автоматизована система наповнення транспортних засобів спрямована на підвищення ергономіки та зменшення навантаження на оператора. Камера здійснює безперервний контроль рівня заповнення та корисного об'єму кузова, на підставі чого виконується розрахунок оптимального моменту початку завантаження. Це забезпечує повне використання місткості транспортного засобу та мінімізує втрати матеріалу під час перевантаження (рис. 2.). [2,3]

а) б)

в)

Рис. 2. Система автозаповнення причепа (а), та OPTI FILL при збиранні кормів (б), система керування силосопроводом OPTI FILL (в) [2]

Система керування силосопроводом **OPTI FILL (рис. 2а,б)** забезпечує рівномірне заповнення транспортного засобу. Потік матеріалу спрямовується таким чином, щоб у кузові не утворювалися локальні перевантаження у вигляді надмірно високих насипів зерна та не залишалися незаповнені зони, що сприяє підвищенню ефективності транспортування.

Система **CROP METER (рис. 2в)** здійснює аналіз неоднорідності посівів на основі вимірювання відхилень, отриманих за допомогою сенсорного модуля. Результати вимірювань можуть використовуватися як регулювальний параметр для диференційованого внесення мінеральних добрив відповідно до потреб окремих ділянок поля, а також для оптимізації заходів із захисту рослин. [1]

Під час проведення збиральної кампанії особливої актуальності набуває ефективний контроль за використанням машинно-технологічних і людських ресурсів, зокрема для підрядних сільськогосподарських організацій та великих аграрних підприємств. За умов необхідності забезпечення максимальної продуктивності праці ключовими чинниками є оперативна доставка техніки безпосередньо в поле, чітке виконання виробничих завдань і мінімізація логістичних витрат.

Отже, сучасні телекомунікаційні автоматизовані системи забезпечують доступ через Інтернет до основних експлуатаційних та енергетичних характеристик машини. Отримані дані можна експортувати до картотеки ділянки, що дозволяє економити час під час планування та контролю робіт. За згодою користувача ці дані можуть передаватися партнеру компанії, що дає змогу проводити первинний аналіз проблем і оперативно надавати технічну підтримку безпосередньо на місці експлуатації.

Контроль технічного стану та дистанційна діагностика, дозволяє значно скоротити час обслуговування. Сервісні служби отримують через Інтернет прямий доступ до всіх енергетичних характеристик та даних електронних систем машини. Це дозволяє усунути багато несправностей дистанційно. У випадку необхідності виїзду фахівця на місце, він вже володіє всією необхідною інформацією та може заздалегідь підготувати та доставити потрібні запасні частини.

Система **TELEMATICS** також дозволяє постійно контролювати ефективність роботи машини. Точне визначення її місцезнаходження є важливим для вирішення логістичних та організаційних завдань. Використання даних для аналізу з урахуванням специфіки замовлення та вимог клієнта забезпечує можливість швидкого проведення обчислень продуктивності машини на одиницю площі сільськогосподарських угідь, оптимізації робочих процесів та підвищення ефективності агротехнічних операцій.

Список використаних джерел

1. CLAAS KGaA mbH. (2023). *CEBIS, CEMOS, CRUISE PILOT, OPTI FILL, CROP METER, TELEMATICS: Operating Manuals and Technical Specifications*. Harsewinkel: CLAAS KGaA mbH.

2. Мельник В. І., Петренко О. П. Інформаційно-керуючі системи в сучасних сільськогосподарських машинах. *Журнал агроінженерії*. 2021. Вип. 12(4). С. 45–58.

3. Петров Д. М., Іваненко Ю. Г. Системи точного землеробства та дистанційного моніторингу в аграрному виробництві. *Сільськогосподарські машини та обладнання*. 2019. Вип. 3(25). С. 12–21.

Науковий керівник: Заєць М. Л., к.т.н., доц.

УДК 620.179.621.112

ВИКОРИСТАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ВУЗЛІВ І АГРЕГАТІВ

Чорний О. Г., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Трибосполучення вузлів і агрегатів машин працюють в умовах тертя, високих навантажень, температур і агресивних середовищ, що призводить до інтенсивного зношування поверхонь.

Застосування зносостійких матеріалів є одним із ключових шляхів підвищення надійності, довговічності та ефективності машин і механізмів.

Зносостійкі матеріали для трибосполучень повинні мати: високу твердість і міцність; стійкість до абразивного, адгезійного та втомного зношування; стабільні властивості за підвищених температур; низький коефіцієнт тертя; корозійну та хімічну стійкість [1,2].

У трибосполученнях вузлів і агрегатів застосовують такі матеріали: 1. Леговані та високолеговані сталі (хромисті, марганцеві, боровані). 2. Чавуни (високоміцні, з кулькоподібним графітом, леговані). 3. Тверді сплави (на основі карбідів вольфраму, титану, хрому). Тверді сплави бувають литі й порошкові. До литих твердих сплавів належать стеліти (2,5% Si, 40% Cr, 13–17% W, 50–55% Co, HRC 65); сталініти (10% Si, 18% Cr, 15% Mn, 57% Fe, HRC 65). Порошкові тверді сплави поділяють на чотири групи: вольфрамові (ВК3, ВК4, ВК6, ВК8, ВК10, ВК20, ВК25, ВК40); титановольфрамові (Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т15К12); титанотанталовольфрамові (ТТК12, ТТ8К6, ТТ10К8-Б, ТТ20К9); безвольфрамові й безкобальтові (ТНМ – КНТ). Перші три групи спечених твердих сплавів складаються з карбідів тугоплавких металів (WC, Ti, Ta), зв’язаних кобальтом, і належать до вольфрамовмісних сплавів. 4. Керамічні матеріали (оксидна, нітридна, карбідна кераміка). 5. Полімерні та композиційні матеріали (фторопласти, армовані полімери). 6. Покриття (газотермічні, плазмові, PVD, CVD, наплавлення).

Зносостійкі матеріали широко використовуються в: підшипниках ковзання та кочення; зубчастих передачах; направляючих верстатів; поршневих групах; гідравлічних і пневматичних агрегатах; гірничому, сільськогосподарському та транспортному машинобудуванні. Їх застосування дозволяє: збільшити ресурс роботи вузлів і агрегатів; зменшити витрати на технічне обслуговування та ремонт; підвищити енергоефективність за рахунок зниження втрат на тертя; забезпечити стабільну роботу обладнання в складних умовах експлуатації [3,4].

Раціональний вибір і використання зносостійких матеріалів у трибосполученнях є важливою умовою підвищення експлуатаційних характеристик сучасних машин і агрегатів та забезпечує їх надійну й довготривалу роботу.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.

2. Журавель Д. П. та ін. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: підручник для здобувачів вищої освіти. Київ: ЦП «Компринт», 2021. 448 с., іл.

3. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

4. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.

5. Дідур В. А., Савченко О. Д., Журавель Д. П., та ін. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі: підручник. 2008. 577 с.

Науковий керівник: Журавель Д. П., д.т.н., проф.

УДК 631.312.022

ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ І ЇХ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ АГРОПІДПРИЄМСТВ

Шулятицький Н. Р., здобувач вищої освіти ОС «Магістр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

На сучасному етапі телескопічні навантажувачі знайшли широке застосування як на невеликих фермерських господарствах, так і на великих агропідприємствах. Завдяки своїй компактності, високій маневреності та продуктивності вони фактично замінили трактори з фронтальним навантаженням. Телескопічні навантажувачі забезпечують ефективне виконання різноманітних операцій з розвантаження та транспортування вантажів, особливо у випадках, коли необхідна робота на значних висотах.

У якості конкурентоспроможної альтернативи на цьому ринку компанія CLAAS представила нову модель телескопічного навантажувача SCORPION (рис. 1.), оснащену приводною системою, яка повністю відповідає високим вимогам сучасного аграрного сектору. CLAAS пропонує моделі серій 90 та 70 з висотою підйому 9 та 7 метрів відповідно.

Особливу увагу привертає новий компактний навантажувач 6030 CP з максимальною потужністю. Завдяки високій маневреності та невеликим габаритам він здатен ефективно функціонувати навіть в умовах обмеженого простору. Максимальна висота підйому 6,05 м та вантажопідйомність до 3 тонн забезпечують високу продуктивність за будь-яких експлуатаційних умов. [1]

Рис. 1. Модель телескопічного навантажувача SCORPION CLAAS моделі серій 90

Концептуальні та технічні характеристики телескопічного навантажувача SCORPION: **[1]**

· Робоча концепція: продумана та високоефективна конструкція, що забезпечує максимальну продуктивність.

· Паливний бак: збільшений обсяг до 190 л для тривалого часу безперервної роботи.

· Телескопічна стріла: глибока посадка, ефективне демпфування коливань та кінцевих положень; висота підйому до 8,95 м та вантажопідйомність до 4,4 т.

· Двигуни: потужні агрегати 88 або 103 кВт з реверсивним вентилятором SCS для оптимального охолодження.

· Привід: можливість відключення всіх коліс для моделей 7045 та 9040 (103 кВт).

· Гідравлічні системи:

1. Насос постійної подачі 100 л з клапанами LS, незалежними від навантаження.
2. Насос Load Sensing (LS) з подачею 150 л, незалежний від навантаження.

· Трансмісія: ефективний безступінчатий привід VARIPOWER з діапазоном швидкостей від 0 до 40 км/год та регульованим механізмом зниження швидкості.

· Стабільність: абсолютна стійкість завдяки оптимальному розташуванню центра тяжіння та правильному розподілу ваги.

· Ведуча вісь: максимальна навантажувальна здатність з повною блокуванням переднього диференціала; унікальна маневреність завдяки керуванню всіма колесами та автоматичній синхронізації осей при зміні режиму управління.

· Регулювання дорожнього просвіту: гідравлічне регулювання для моделі SCORPION 9040.

· Органи управління: джойстик для контролю всіх функцій навантаження, включно зі зміною напрямку руху.

· Рама: стабільна, жорстка на кручення конструкція з боковим приводом телескопічної стріли.

· Кабіна: просторова, комфортна з оптимальним круговим оглядом.

· Навісне обладнання: міцний супорт з діапазоном повороту 163° для ефективного виконання маніпуляцій. (рис. 1.) [1]

Оптимальний огляд має вирішальне значення при щоденній експлуатації навантажувача. Вільний огляд знаряддя забезпечує надійну навантаження та розвантаження навіть при

високих бортах кузова, а також полегшує розміщення тюків або піддонів на великій висоті, адже у навантажувачі **SCORPION** відсутня поперечина між лобовим склом і дахом. Нова конструкція гарантує абсолютно точну роботу при русі назад у обмеженому просторі. Навантажувач **SCORPION** забезпечує надійність робочих процесів, економить час, значно зменшує навантаження на водія та підвищує його працездатність протягом робочого дня. [2]

Рис. 2. Система максимального кругового огляду для найвищого рівня безпеки [2]

Оператор може керувати навантажувачем швидко, чітко та з точністю до сантиметра. На кожному етапі роботи всі чотири колеса знаходяться в полі зору, що забезпечує оптимальний огляд. Широка, простора та комфортабельна кабіна з панорамним вікном надає оператору круговий огляд на 360° з можливістю контролю навантажувального обладнання у будь-якому положенні. (рис. 2).

Оптимізація фізичного навантаження водія: використання системи управління підвищеного комфорту з джойстиком дозволяє оператору контролювати рух лівою рукою та основні функції – правою, без зміни положення, що зменшує втомлюваність і підвищує продуктивність роботи.

Інтуїтивне управління: джойстик моделі 70/90, що регулюється під кожного водія, забезпечує легкий доступ до всіх основних функцій: підйом/опускання, висування/складання телескопічної стріли, завантаження/розвантаження ковша та керування рухом.

Покращена видимість та контроль: круговий огляд на 360° та видимість усіх чотирьох коліс на будь-якій стадії роботи дозволяють оператору точніше виконувати завдання, зменшуючи ризик помилок та підвищуючи ефективність навантажувальних операцій.

Скорочення часу виконання операцій: синхронізація та швидкість основних операцій забезпечують економію часу при щоденних роботах, що безпосередньо впливає на підвищення продуктивності.

Безпечне керування складними функціями: кольорове маркування перемикачів (зелений – гідравлічна система, синій – функції руху) дозволяє оператору швидко орієнтуватися у керуванні складними процесами, що підвищує точність і безпеку робіт.

Ергономіка та управління: Джойстик праворуч і круговий огляд на 360° забезпечують точне та швидке виконання операцій, зменшуючи втому оператора.

Оптимізація робочих циклів: Синхронізація підйому, висування стріли та завантаження/розвантаження скорочує час виконання завдань і підвищує продуктивність.

Безпека та точність: Видимість усіх коліс і кольорове маркування перемикачів зменшують ризик помилок і підвищують ефективність роботи.

Висновок. Інноваційна система управління SCORPION підвищує продуктивність, точність і безпеку, забезпечуючи ефективну роботу протягом зміни.

Список використаних джерел

1. CLAAS KGaA mbH. *Cebis, cemos, cruise pilot, opti fill, crop meter, telematics: Operating Manuals and Technical Specifications*. Harsewinkel: CLAAS KGaA mbH, 2023.

2. ÖF Görçün. Telephonic forklift selection through a novel interval-valued decision

framework: *Elsevier / Decision Support Systems.* 2024 (дослідження критеріїв вибору телескопічних навантажувачів, що може бути корисним для оцінювання продуктивності обладнання).

3. Martini V. [et al.]. Carbon Footprint Enhancement of an Agricultural Telehandler: *MDPI*, 2024. Vol. 15(3). P. 91 (аналіз продуктивності та ефективності телескопічних навантажувачів з новими силовими установками).

Науковий керівник: Заєць М. Л., к.т.н., доц.

УДК 620.179.621.112

ОСНОВНІ ВИДИ АНТИФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Таран Т. О., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

У трибоспряженнях гідравлічних систем антифрикційні матеріали підбирають так, щоб вони працювали стабільно в умовах рідини, тиску, змінних швидкостей і мінімального зносу. Основні види антифрикційних матеріалів можна подати такі: металеві антифрикційні матеріали використовуються там, де потрібна висока міцність і теплостійкість. Ще в 1839 р. англієць М. Бабіт розробив сплав, що містить 82...84% Sn, 5...6% Cu і 11...12% Sb. Цей сплав поклав початок використанню м'яких білих антифрикційних сплавів у техніці, і тому всі наступні сплави на олов'яній і свинцевій основах почали називати бабітами. Бабіти мають низькі значення твердості (НВ 12...32) і температури плавлення (240...320°С), відмінну припрацьовуваність. За антифрикційними властивостями вони перевершують усі інші сплави, але значно поступаються їм щодо опірності втомі. У зв'язку з цим бабіти застосовують лише для тонкого (менше 1 мм) покриття робочої поверхні опори ковзання. Найпоширенішими бабітами на олов'яній основі є Б93, Б88, Б83, Б83С. Усі вони мають гетерогенну структуру і являють собою механічну суміш твердого розчину на основі олова (м'яка основа) і твердого розчину на основі інтерметалідної сполуки SnSb (тверді вкраплення). Висока зносостійкість цих сплавів зумовлена значною міцністю вторинних структур, що утворюються на поверхні сплаву [1,2].

Бронзи (олов'яні, алюмінієві, свинцеві) – висока зносостійкість, робота при великих навантаженнях. Латуні – для помірних навантажень і швидкостей. Чавуни з графітом – графіт виконує роль твердого мастила. Типові вузли: гідронасоси, розподільники, втулки, підшипники ковзання. Полімерні матеріали, дуже популярні в сучасних гідросистемах через низьке тертя і корозійну стійкість. Фторопласт (PTFE) – наднизький коефіцієнт тертя, хімічна інертність. Поліаміди (PA) – добра зносостійкість, демпфування вібрацій. Поліуретани (PU) – висока еластичність, стійкість до гідравлічних рідин. ПЕЕК, POM – для підвищених навантажень і температур. Часто застосовуються в ущільненнях, напрямних, поршневих кільцях. Композиційні матеріали, поєднують переваги металів і полімерів. Металополімерні стрічки та втулки. Полімери з наповнювачами (графіт, бронза, молібденовий дисульфід). Тканинно-полімерні матеріали, просочені смолами. Плюс: стабільне тертя, робота без змащування або при його нестачі. Пористі спечені матеріали. Спечені бронзи та залізо, просочені мастилом. Забезпечують самозмащування під час роботи. Актуальні для довготривалої роботи без обслуговування. Матеріали з твердими мастилами, застосовуються в екстремальних умовах. Графіт MoS_2 (дисульфід молібдену), BN (нітрид бору) [3,4]. Антифрикційні матеріали на основі олова і свинцю. Сплави на основі олова і свинцю є найдавнішими підшипниковими матеріалами.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.
2. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.
3. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Журавель Д. П. та ін. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібник. Київ: ЦП «КомпрИнт», 2019. 370 с.
4. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

Науковий керівник: Журавель Д. П., д.т.н., проф.

УДК 631.312.022

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ПОЛЬОВИХ МАШИН ІЗ ПІДВИЩЕНОЮ ПОВОРОТКІСТЮ

Назарук Р. І., здобувач вищої освіти ОС «Магістр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

У польових умовах агрегати у складі машина–трактор виконують рух по складних траєкторіях, що включають прямолінійні ділянки та криволінійні з змінною кривизною. Рух по прямій можна розглядати як особливий випадок криволінійного руху з нульовою кривизною.

Важливою характеристикою колісних машин є повороткість – здатність виконувати повороти по траєкторіях максимальної кривизни при мінімальній площі контакту з поверхнею. Найкритичнішими моментами є вхід і вихід з повороту, а економічні показники траєкторії (мінімальний радіус, швидкість, сила тяги, час маневру) взаємопов’язані.

Аналіз показав, що на формування траєкторії основний вплив мають лише близько 20% параметрів, решта 80% чинників мають другорядне значення. Це відповідає принципу Парето: більшість ефекту забезпечує невелика кількість ключових параметрів.[1]

Метою дослідження було створення спрощеної та ефективної математичної моделі криволінійного руху чотирьохколісного енергетичного засобу з усіма керованими рушіями. Застосування моделі дозволяє отримати, збереження до 80% точності результату, зменшує похибку і спрощує визначення початкових параметрів. Надлишкове ускладнення моделі шляхом додавання кінематичних показників підвищує похибку та ускладнює практичне застосування, тому баланс між точністю і простотою моделі є ключовим.[2]

У дослідженні застосовувалися методи системного аналізу, математичної статистики та моделювання нелінійного криволінійного руху польових агрегатів на основі теорії механіки, машин і диференціальних рівнянь. Експерименти проводилися в лабораторних і польових умовах відповідно до стандартів, а обробка результатів здійснювалася на ПК із використанням комп’ютерної графіки та електронних таблиць.[3]

Енергетичні засоби рухаються як по прямолінійних, так і по криволінійних траєкторіях із змінною кривизною. Криволінійний рух (поворот) властивий усім енергетичним машинам, і для його опису існує безліч моделей. Метою дослідження є впровадження автоматичного керування польових агрегатів під час технологічних операцій у сільському господарстві. У сучасній літературі криволінійний рух часто описується через аналітичні рівняння.

Відомі два види найпростішого криволінійного руху чотириколісної машини: коловий рух з постійним радіусом і незмінним центром кривизни та несталий (нелінійний) рух, при якому радіус кривизни та інші параметри змінюються у часі.[2]

Розглядається незалежне керування колесами обох осей під час входу в лівий поворот з постійною швидкістю центра мас С, без урахування відведення коліс (рис. 1).

Математичні співвідношення між кутами та радіусами повороту задаються рівняннями:

$$\alpha_{13}=0.5(\alpha_1+\alpha_3),\ \alpha_{23}=0.5(\alpha_2+\alpha_3),\ RT=L/\alpha 1-\alpha 2, \quad (1)$$

де α_{13}, α_{23} - середні кути повороту передніх і задніх коліс у довільній точці траєкторії;

α_{v1},α_{v2} - кути повороту внутрішніх і зовнішніх коліс;

φ - кут повороту рами;

α - курсовий кут між вектором швидкості υ і віссю машини;

R_T - теоретичний радіус повороту без урахування відведення коліс;

R_R - миттєвий радіус кривизни траєкторії в точці С.

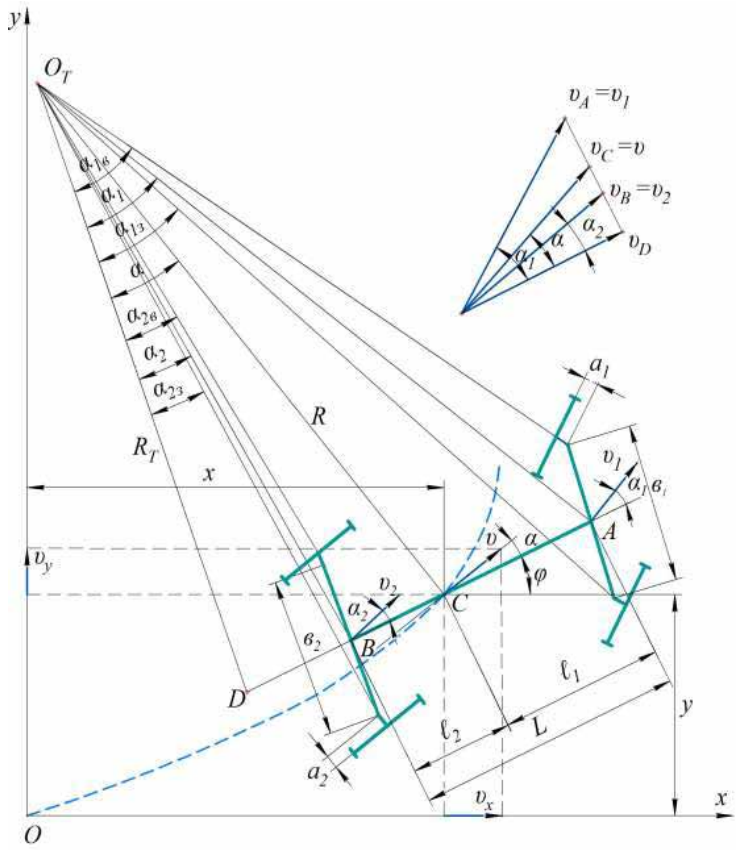


Рис. 1. Виконання лівого поворот чотирьохколісного трактора з усіма керованими колесами

Через малу величину кутів α,α_1,α_2, φ їхні синуси та тангенси приймаються рівними самим кутам, що особливо допустимо для машин із жорсткою рамою.

Тоді модель запишемо у наступній формі:

$$\frac{R}{R_T}=\frac{\left(a\ l\ +a_2 l_2+a_1 l_1\right)}{a}, \quad (2)$$

або, якщо це рівняння для моментальної кривизни:

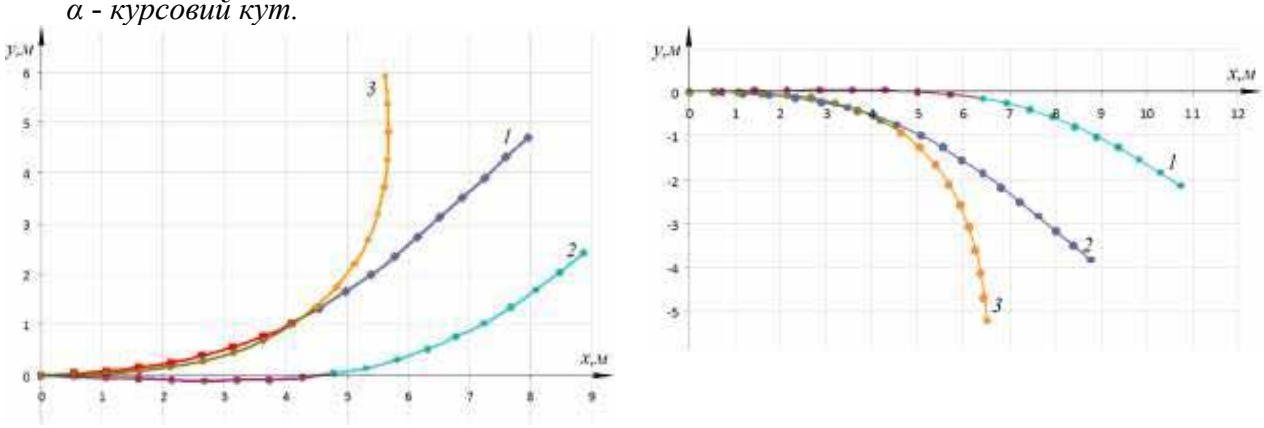
$$R=R_T\frac{\left(a\ l\ +a_2 l_2+a_1 l_1\right)}{a}, \quad (3)$$

Тут: *R - миттєвий радіус кривизни;*

R_T - теоретичний радіус повороту;

α_1,α_2 - кути повороту коліс;

λ_1,λ_2 - *відповідні геометричні коефіцієнти;*
α - *курсовий кут.*



а) б)

Керовані рушії: 1– привод передніх, 2 – задніх, 3 – привод всіх

Рис. 2. Траєкторії входу в лівий (а) і правий (б) поворот і виходу з нього

Аналіз існуючих моделей криволінійного руху енергетичних засобів зі всіма керованими колесами показав, що для побудови траєкторії польового агрегату застосовуються наближені методи, графічні підходи та сучасні системи супутникової навігації. Проте жоден із них не забезпечує закінчених параметричних рівнянь (1,2) для моделювання раціональних маневрів на практиці.

У зв'язку з цим була розроблена універсальна математична модель криволінійного руху**,** представлена системою рівнянь, що визначає координати траєкторії через кут повороту корпусу машини та курсовий кут центра мас будь-якого енергетичного засобу з усіма керованими колесами.

Список використаних джерел

1. Кальченко Б. І., Ребров О. Ю., Мамонтов А. Г., Кожушко А. П., Якунін М. Є. Динаміка руху колісних тракторів: монографія. Харків: Мірошниченко О. А., 2021. 320 с.

2. Калінін Є. І., Ребров О. Ю., Колодненко В. М. Формування слідкуючого руху колісного трактора в умовах його автоматичного водіння. *Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування*. 2023. № 1. https://doi.org/10.20998/2078-6840.2023.1.11

3. Nenajdenko A. S., Poddubnyj V. I., Valekzhanin A. I. Modeling the movement control of a wheeled agricultural machine in real time. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2018. Vol. 85, Iss. 3. P. 32-38. https://doi.org/10.17816/0321-4443-66386

Науковий керівник: Грудовий Р. С., к.т.н., доц.

УДК 664.8.047

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФРУКТОВО-ОВОЧЕВОГО ПОРОШКУ

Стоянова О. В., к.т.н. доц.
Зубкова К. В., к.т.н. доц.
Горіна В. Д., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна

Особливе місце серед консервованих продуктів займають фруктово-овочеві порошки. Останнім часом порошки відносять до функціональних оздоровчих добавок, оскільки є концентратом натуральних вітамінів та інших біологічно-активних речовин [1].

Сушіння (зневоднювання) проводиться з метою запобігання або вповільнення фізико-хімічних, біологічних та інших процесів, які впливають на зниження харчової цінності продуктів чи призводять до їх псування. Сушіння методом сублімації – це техніка дегідратації, яка ґрунтується на сублімації води в продукті. Це означає, що вміст води в продукті переходить з твердого стану в газоподібний – або з льоду в пару – без переходу в рідкий стан. У цьому методі поєднуються два відомих методу консервування – заморожування і сушіння в вакуумі. Сублімаційне сушіння вважається високоякісним методом зневоднення з кількох причин: працює при низьких температурах, що сприяє збереженню харчової цінності продукту, смаку та зовнішнього вигляду; шокове заморожування пригнічує хімічні та мікробіологічні процеси, що значно сповільнює псування продукту (тим самим подовжує термін його зберігання) [3]. Сублімовані продукти з'явилися на ринку України не так давно, але вже впевнено набирають популярності серед шанувальників правильного харчування. Сушену плодоовочеву продукцію використовують в технологіях йогуртів, морозива, десертної продукції, кондитерських виробів. Цільовою аудиторією споживання сушених порошків з плодів та ягід можуть бути люди, що дотримуються принципів здорового харчування [4].

Консервні підприємства перероблять овочеву сировину, яка містить багато каротину, це: морква, гарбуз, томати, червоний перець, шпинат, броколі. Огляди епідеміологічних досліджень підтверджують, що харчування продуктами з високим вмістом каротиноїдів захищає організм від раку, позитивно впливає на шкіру, покращує зір, **надає anti-age-ефект,** підтримує імунітет. Результати наукових досліджень показують, що додавання каротиноїдовмісної овочевої сировини значно підвищує вітамінні та антиоксидантні властивості харчових продуктів у різних галузях промисловості [5].

Метою дослідження є удосконалення способу виготовлення яблучно-гарбузового порошку на основі органічної сировини без консервантів, барвників та ароматизаторів.

В роботі досліджували спосіб виготовлення яблучно-гарбузового порошку методом сублімації, як продукту тривалого зберігання зі збереженням харчової цінності продукту та смаку. Сорт яблук – Гала (Україна, Вінницька обл), сорт гарбуза – Баттернат (Україна, Одеська обл.). Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі задачі: вивчити хімічний склад сировини; розробити технологічну схему яблучно-гарбузового порошку; обґрунтувати технологічні режими сублімаційного сушіння; дослідити органолептичні та фізико-хімічні показники готового продукту.

Методи досліджень - загальноприйняті і спеціальні фізико-хімічні, технологічні, теплофізичні, органолептичні, експериментально-статистичні, аналітичні з використанням сучасних приладів і комп'ютерних технологій. З фізико-хімічних показників у сировині та готовій продукції визначено: вміст розчинних сухих речовин рефрактометричним методом; загальний вміст органічних кислот – титруванням; pH-середовища – потенціометричним методом; вміст нітратів – іонометричним методом, вміст вітаміну С – йодометричним методом.

Технологічна схема виготовлення пюре з гарбуза та яблук передбачає стандартні процеси: інспекція, миття, очищення, розварювання, подрібнення, протирання, гомогенізація, підігрівання та асептична стерилізація. Технологічна схема яблучно-гарбузового порошку включає операції: сублімаційне сушіння; подрібнення; просіювання; зважування; фасування; зберігання. Сушіння пюре проводили на лабораторній напівпромисловій сублімаційній сушарці (модель “СС-1.2”). Температура заморожування пюре - 40 ^{0}С. На стадії досушування діапазон температур в межах + 40 ...+ 45 ^{0}С. Період першого етапу може становить до 40% від загального циклу обробки. Від початкової кількості вологи видаляється до 30% рідини. Готовий сушений продукт має остаточну вологість – 4 %. Об’єм продукту – до 10 кг за один цикл.

В роботі розроблена рецептура яблучно-гарбузового порошку: співвідношення інгредієнтів складає: 65 : 35 (пюре з яблука та гарбуза відповідно). Оптимізацію рецептури яблучно-гарбузового порошку проводили градієнтним чисельним методом, а саме - спряжених градієнтів (Conjugate Gradient). Алгоритм оптимізації реалізований в системі Mathcad.

За результатами аналізу дегустаційної комісії було отримано фізико-хімічні показники, що не суперечать вимогам відповідної нормативної документації. Порошок з яблука та гарбуза містить бета-каротин, вітаміни В1, В2, С, Е, РР, а також необхідні організму мінерали: калій, кальцій, магній, цинк, фтор, мідь, марганець, залізо, кобальт, фосфор і натрій. Органолептична характеристика готового продукту: зовнішній вигляд – порошок; консистенція – розсипчаста; колір – жовтий; аромат – тонкий відповідно свіжим яблукам; смак – кисло-солодкий. Умови зберігання: температура повітря – 0…25 ^{0}С, вологість 75%.

Висновки. Дослідження показують, що в порівнянні з іншими методами сушіння сублімація найбільш ефективно зберігає антиоксиданти, такі як антоціани, флавоноїди, аскорбінову кислоту. Визначено хімічний склад яблучно-гарбузового порошку, що складається з натуральних компонентів в оптимальному співвідношенн. без застосування харчових добавок.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічної схеми виробництва яблучно-гарбузового порошку методом сублімації, який дозволяє отримати готовий продукт з високими смаковими показниками. Порошок з яблука та гарбуза можна використовувати як наповнювач, загусник і вологоутримувальний агент. Результати дослідження дозволяють зробити висновок про доцільність виготовлення яблучно-гарбузового порошку з підвищеним вмістом каротиноїдів для підвищення якості та розширення асортименту харчових продуктів.

Список використаних джерел

1. Спосіб виробництва натуральних фруктових і/або овочевих порошків : пат. 3180 Україна : МПК A23B7/02 A23C23/00. № 2004021385; заявл. 26.02.2004; опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10/2004.

2. H.Jiang, B.Adhikari Fruit and vegetable powders. Handbook of Food Powders. *Processes and Properties.Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. 2013. P. 532-552. DOI: https://doi.org/10.1533/9780857098672.3.532

3. Патель С. Розуміння науки сублімаційного сушіння. *Journal of Food Science and Technology*. № 22(4). С. 234-250

4. Сублімована харчова біодобавка з рослинної сировини: пат. 48674 Україна : МПК A23L 2/14, A23L 3/36, №2001117627; заявл. 08.11.2001, опубл. 15.08.2002, Бюл № 8/2022.

5. Спосіб отримання хліба пшеничного з внесенням сухих овочевих порошків : пат. 135176 Україна : МПК A21D8/00 A21D2/36. № u201812092; заявл. 06.12.2018; опубл. 25.06.2019, Бюл. № 12/2019

УДК 631.3:62-52:355.02

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБОК ВІЙСЬКОВОГО ПОХОДЖЕННЯ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Борак К. В.[1], д.т.н., професор,
Макаревич В. Л.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Кравчук М. Р.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Вікарчук В. О.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»

[1]*Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир*
[2]*Поліський національний університет, м. Житомир*

У класичній агроінженерії продуктивність і ресурсна ефективність історично підвищувалися через механізацію, енергетичну модернізацію та вдосконалення машин. Однак цифровізація виробництва створила нову "вісь" конкурентоспроможності: дані → модель → рішення → виконання (у полі – у реальному часі). Саме тут військові розробки мають структурну перевагу, адже багато з них оптимізувалися для ситуаційної обізнаності, навігації, роботи за обмеженої видимості та автономності.

Поняття "дуальної" технології у правовому та політичному сенсі визначається як товари або технології, що можуть застосовуватися як у цивільних, так і у військових цілях. Для агроінженерії це означає, що трансфер із сектору безпеки може давати значні вигоди, але майже завжди супроводжується регуляторними, етичними та експортно-контрольними вимогами.

В українському контексті роль конверсії посилюється воєнними наслідками для сільського господарства. За оцінкою міжнародних органів станом на грудень 2024 року понад 138 000 км² суші та 14 000 км² вод залишалися під ризиком через вибухові залишки війни та міни, що напряму загрожує продовольчій безпеці й відновленню виробництва. Оцінка потреб підкреслює, що сільськогосподарські землі є серед найбільш уражених у зонах підозрюваної чи підтвердженої небезпеки та стають недоступними для фермерів. Це формує унікальний попит на застосування "військових" сенсорів, картографування та роботизованих систем як інженерної передумови повернення земель у виробничий цикл.

Супутникове позиціонування є одним із наймасштабніших прикладів військового походження, що став фундаментом цивільних індустрій. У "White Paper" до 50-річчя GPS зазначено, що в грудні 1973 року оборонна рада США (DSARC) надала ВПС США дозвіл на розробку Navstar GPS. У виданні Національної академії наук США підкреслено, що програма GPS була затверджена 1973 року, створено спільний офіс програми, а система від початку проєктувалася для потреб військових служб і цивільних користувачів.

Для агроінженерії ця спадщина проявляється в переході до керування виконанням операцій за координатами: автопілотування тракторів/самохідних машин, автоматизація агрегатів (секційний контроль, змінні норми внесення тощо), просторове картографування врожайності й технологічних операцій. Ключовим "мостом" між навігацією та агротехнологією є RTK-корекції, що зараз розглядаються як базовий інструмент для сантиметрової точності в полі: у валідаційному дослідженні зазначено, що GNSS позиціонування з RTK може забезпечувати близько 2,5 см точності, а така точність лежить в основі автоматичного керування та автоматизації знарядь (змінні норми, секційний контроль).

Подальший розвиток буде спрямований на стандартизованій взаємодії "машина–машина" та "машина–карта" (prescription maps), де навігаційний контур зливається з сенсорикою та моделями агрономічних рішень, зменшуючи залежність від людського фактора й підвищуючи повторюваність операцій.

Військові програми супутникової розвідки історично стимулювали розвиток оптики, стабілізації платформ, фотограмметрії та аналітики зображень. Показовий приклад – програма CORONA: вона була санкціонована 7 лютого 1958 року, перша повністю успішна місія відбулася 18 серпня 1960 року, а програма разом із більшістю знімків була розсекречена 1995 року. Цей історичний пласт важливий для агроінженерії не як "спадщина війни", а як джерело технологічних підходів: точна геоприв'язка, інтерпретація знімків, виявлення закономірностей на великих територіях.

У цивільній площині супутникові спостереження стали системним інструментом управління сільським господарством. Програма Landsat працює з 1972 року та регулярно збирає дані про земну поверхню, ці дані прямо застосовуються для управління посівами й водними ресурсами (оцінка здоров'я/продуктивності полів, водокористування). Для кількісної оцінки стану рослинності широко використовується NDVI: це як індекс "зеленості", корисний

для оцінювання щільності рослинності та змін у здоров'ї рослин. У методичних матеріалах USGS щодо застосування Landsat в агросекторі зазначено, що супутникові знімки є важливими для оцінювання виробництва та водокористування; для оцінок урожайності індекси рослинності (зокрема NDVI) використовують для моніторингу фенології та порівняння поточного сезону з історичною середньою.

Особливо сильну інженерну перспективу формують європейські відкриті дані спостереження Землі. Sentinel-2 (розробка) є частиною програми й розглядається в контексті сучасного стану точного землеробства. На практиці це означає, що агроінженерні рішення можуть будуватися на регулярних, стандартизованих супутникових продуктах для зонування полів, виявлення стресів, оцінювання біомаси/індексів тощо.

Радіолокація із синтетичною апертурою (SAR) є характерним прикладом технології, що виникла з військової потреби, а нині працює в цивільному спостереженні Землі. У довідці IEEE History Center зазначено: SAR розвивали у 1950-х як військовий розвідувальний інструмент для всепогодного, цілодобового дистанційного спостереження. Для агроінженерії цінність SAR полягає у зменшенні залежності від хмарності та освітлення, що є критичним для оперативного моніторингу вегетації та ґрунтово-водного режиму в сезон.

Прямий інженерний "вихід" – картографування вологості ґрунту. У кейсі Copernicus Data Space Ecosystem описано, що для оцінки поверхневої вологості використовують зворотне розсіювання Sentinel-1 SAR, а індекс Soil Water Index формується як злиття Sentinel-1 із датчиком Metop ASCAT у фізичній моделі водного балансу (масштабування 0–100). Наукова робота [1] демонструє інтеграцію даних Sentinel-1 SAR з машинним навчанням у хмарній обробці (Google Earth Engine) для оцінювання та картографування поверхневої вологості, підкреслюючи дефіцит просторово-часового покриття у наземних вимірюваннях. Поєднання SAR (вологості), оптики (індекси рослинності) та високоточного GNSS створює підґрунтя для інженерної автоматизації зрошення/дренажу, адаптивного обробітку ґрунту та ризик-менеджменту посухи на рівні поля.

Узагальнений огляд ScienceDirect прямо фіксує походження: UAV "спочатку розроблялися для військових цілей (наприклад, прикордонне патрулювання)", а нині їх широко застосовують для моніторингу посівів і хімічного внесення в польових культурах. З позиції агроінженерії це означає перенесення на поле "військових" властивостей систем: мобільність, швидке розгортання, сенсорна насиченість, модульність корисного навантаження та робота в умовах неповної інформації.

Багато робіт підкреслюють потенціал дронів у сільському господарстві як частини ICT4Ag. Найскладніша зона застосувань – аерозастосування засобів захисту рослин і внесення добрив, де інженерні переваги (точність, доступ до складного рельєфу, зменшення контакту оператора з препаратами) стикаються з ризиками дрейфу, експозиції та нестачею уніфікованих протоколів оцінювання. Через обмежену якість/повноту даних регулятори мають підстави застосовувати обережний підхід до дозволів на внесення пестицидів безпілотними аеросистемами, доки не сформовано достатню доказову базу та процеси оцінки ризику.

Водночас сучасний огляд з 2019–2024 рр. показує інтенсивний розвиток теми застосування дронів для захисту рослин. UAV-обприскування розглядається як ефективна опція для внесення, а в окремих випадках повідомляється про потенціал скорочення використання пестицидів до 30% від рекомендованої норми (залежно від задачі та налаштувань).

Перспектива: у найближчі роки найбільш зрілою виглядає траєкторія "дрон як сенсорна платформа" (розвідка/скаутинг) і "дрон як виконавець локальних операцій" (точкове внесення), причому промислова стандартизація та ризик-орієнтовані регуляторні рамки стануть визначальними для масштабування.

Польова робототехніка та автономні машини – ще один канал конверсії, де військові програми прискорили розвиток автономного руху, сенсорного сприйняття та прийняття рішень. Зазначається, що Grand Challenge 2004 був створений для прискорення технологічних основ автономних транспортних засобів із довгостроковою метою заміни людей у

небезпечних військових операціях (зокрема в конвоях постачання). Хоча агросектор має інші ризики й іншу геометрію середовища, базові інженерні задачі (локалізація, планування траєкторії, уникнення перешкод робота в пилу/змінному освітленні) концептуально подібні.

Сучасний технічний огляд агороботів описує ринок як такий, що "революціонізує" агросектор через оптимізацію виробництва й зменшення впливу на довкілля, але наголошує на бар'єрах: висока початкова вартість та потреба у спеціалізованих навичках обслуговування/експлуатації. Паралельно огляд комп'ютерного зору в "smart agriculture" підкреслює, що інтеграція CV та AI підтримує повний цифровий життєвий цикл – від отримання зображень та фотограмметрії до аналізу, прийняття рішень і планування обробок, а також ідентифікує труднощі узагальнення моделей для реального часу в автономному господарстві.

Найперспективніша конверсія тут – не "військова машина в полі", а перенос архітектур автономності (сенсор-ф'южн, CV, edge-обчислення) в агромашини й роботів, з адаптацією під вимоги агрономії (делікатність до рослин, мінімізація ущільнення ґрунту, біобезпека) та економіку життєвого циклу.

Гуманітарне розмінування як специфічний "агроінженерний" кейс України. На відміну від багатьох країн, для України повернення землі є не лише функцією агротехнологій, а й функцією інженерної безпеки. У "RDNA4" (Світовий банк та партнери) зазначено масштаб ризику: 138 503 км^2 суші та 14 000 км^2 вод були під ризиком забруднення станом на грудень 2024 року, також прямо вказано, що сільськогосподарські землі є найбільш ураженими в підозрюваних/підтверджених небезпечних зонах. Це створює запит на технології "військового класу" – від дистанційної розвідки до роботизованого обстеження.

Показовим прикладом є система Mines Eye, передана ДСНС. У пресрелізі описано комплексування магнітометрії з високороздільною аерозйомкою (візуальною та ІЧ), використання AI для виявлення вибухонебезпечних залишків війни (включно з протитанковими мінами) навіть під рослинністю та видачу карт/звітів аномалій для більш безпечного планування розмінування. У документі також наведено приклад польового масштабу пілоту (сканування сотень гектарів), що показує, як сенсорні й аналітичні ланцюжки можуть прискорювати "звільнення" землі.

У коротко- та середньостроковому горизонті саме інтеграція безпілотних платформ, геопросторової аналітики та AI в процеси розмінування може бути одним із найсильніших прикладів "військової конверсії" в агроінженерії України, оскільки вона створює передумову для будь-яких інших інновацій у полі.

Дуальні технології не є "вільним ресурсом", їх рух визначається правом, експортним контролем та етичними компромісами. На прикладі ЄС офіційно зазначається: дуальні товари – це товари/програмне забезпечення/технології, що можуть мати як цивільні, так і військове застосування. ЄС контролює експорт, транзит, брокеринг і технічну допомогу для таких предметів, а основою режиму визначено Регламент (EU) 2021/821. На практиці це означає, що окремі сенсори, компоненти навігації/шифрування, БПЛА або програмні модулі можуть підпадати під ліцензування та end-use перевірки, що потрібно враховувати при імпорті або локалізації виробництва. Додатковий рівень – багатосторонні режими експортного контролю. У довідці WTO **[2]** підкреслено її роль як міжурядового форуму з контролю експорту звичайних озброєнь і дуальних товарів/технологій, спрямованого на прозорість і запобігання дестабілізуючим накопиченням та передачам. Для агроінженерних проєктів це важливо тому, що частина "військових спадкоємців" (високоточні ІЧ-камери, деякі типи радарів, засоби завадостійкого зв'язку тощо) можуть трактуватися як чутливі технології навіть за цивільної мети застосування.

Етична проблематика також невіддільна від техніки. Академічний аналіз дуальності технологій показує, що труднощі співпраці та контролю виникають через складність розрізнення цивільного та військового використання й через інтегрованість технологій у цивільну економіку, що може підвищувати ризики небажаного витоку інформації та зловживань. Для агросектора це проявляється в темах приватності (аеро- та супутникові дані),

кіберризиків (IoT на фермі), а також у вимогах до прозорості алгоритмів прийняття рішень, якщо системи автономності впливають на безпеку людей і довкілля. Окремий блок ризиків – технологічні та санітарно-екологічні. Звіт OECD [3] щодо безпілотних аеросистем для внесення пестицидів підкреслює, що комбінація конструкції, операційних характеристик і практик застосування може формувати ризики, відмінні від традиційних методів, а доказовості наразі недостатньо для повністю гармонізованих регуляторних настанов – звідси й рекомендація обережності.

Військові розробки, які стали цивільними, формують для агроінженерії три найбільш зрілі “пакети” перспектив: -

- високоточна навігація та автоматизоване виконання операцій (GNSS/RTK як основа автокерування і точного внесення);

- агромоніторинг на основі дистанційного зондування (оптика/NDVI, SAR для вологості та всепогодності, інтеграція супутникових продуктів у інженерні рішення);

- безпілотні та роботизовані платформи (дрон-скаутинг, локальне внесення, агророботи з CV/AI).

Для України унікально значущою перспективою є конверсія військових сенсорів, картографування та автономних платформ у гуманітарне розмінування як агроінженерний “нульовий етап” відновлення: масштаб ризику забруднення та непридатності земель робить технологічне прискорення обстеження/звільнення територій критичним економічним фактором. Найбільші обмеження масштабування лежать поза “залізом”: експортний контроль і дуальні режимні вимоги, доказова база безпечності (особливо для аерозастосування), кібер- та data governance, а також економіка володіння (капітальні витрати й компетенції). Відтак, ключова дослідницька програма для агроінженерії має концентруватися на: стандартизації інтерфейсів (машина–дані), валідації ризиків і ефективності (дрони/обприскування), стійких до помилок архітектурах автономності та на інтегрованих ланцюжках “сенсор → модель → дія”, які доводять цінність у польових умовах і відповідають вимогам дуальної регуляторики.

Список використаних джерел

1. E-agriculture in Action: Drones for Agriculture. FAO. 2018. URL: http://handle.itu.int/11.1002/pub/8111728e-en/ (дата звернення 16.01.2026).

2. Ukraine rapid damage and needs assessment (RDNA4). World Bank. 2025. URL: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022025114040022/pdf/P180174-ca39eccd-ea67-4bd8-b537-ff73a675a0a8.pdf (дата звернення 16.01.2026).

3. Report on the State of the Knowledge – Literature Review on Unmanned Aerial Spray Systems in Agricultur. Series on Pesticides. *OECD.* № 105. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/04/report-on-the-state-of-the-knowledge-literature-review-on-unmanned-aerial-spray-systems-in-agriculture_ee9be37f/9240f8eb-en.pdf (дата звернення 16.01.2026).

УДК 620.179.621.112:631.3

КОНСТРУКЦІЙНІ ЗАХОДИ ЩО ДО ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Бойко О. В. ЗВО 12с(ФМБ) АІ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. м. Запоріжжя, Україна

Підвищення зносостійкості сільськогосподарської техніки – це дуже важливе питання, оскільки деталі і механізми працюють в умовах екстремального абразивного впливу (ґрунт),

динамічних навантажень та корозії. Конструкційні заходи розділяються на кілька стратегічних напрямків: це в першу чергу конструктивна та геометрична оптимізація. Від зміни форми деталі можна перерозподілити навантаження та зменшити інтенсивність зносу. Раціональна форма робочих органів: цього можна досягти змінивши кут атаки лемешів плугів або дисків борін, що забезпечує «ефект самозагострення» [1,2]. Створення так званої «ґрунтової подушки»: В цьому випадку конструкція деталі передбачає спеціальні заглиблення (пази), у яких затримується ґрунт. У результаті тертя «метал-ґрунт» замінюється на «ґрунт-ґрунт», що радикально знижує знос металу. Використання ребер жорсткості запобігає пружним деформаціям, які пришвидшують утворення мікротріщин, що спричиняє руйнування робочих органів сільгосптехніки. Застосування прогресивних матеріалів також впливає на підвищення зносостійкості деталей і органів сільгосптехніки. Вибір матеріалу залежить від виду зносу (абразивний, ударний чи втомний). Вибір композитних матеріалів: використання вставок із надміцних сплавів (наприклад, карбіду вольфраму) у зонах найбільшого контакту з ґрунтом. Високоміцні сталі: Заміна стандартних сталей (типу Ст3 або 45) на сталі з підвищеним вмістом марганцю, бору чи хрому (наприклад, сталь марки Hardox або вітчизняні аналоги з борвмісними добавками). Використання полімерів: це заміна металевих втулок та підшипників ковзання на деталі з надвисокомолекулярного поліетилену (НВМПЕ) або поліаміду, що не потребують змащення та стійкі до абразиву. Методи зміцнення поверхонь (Surface Engineering) це найпоширеніша група заходів, що дозволяє зберегти в'язку (некрихку) серцевину деталі при дуже твердій поверхні. Це досягається наплавленням твердими сплавами, нанесенням на ріжучу кромку шару сормайту або інших зносостійких матеріалів за допомогою електродугового чи лазерного наплавлення.Термічна та хіміко-термічна обробка, цементація та нітроцементаці*я* – насичення поверхні вуглецем або азотом. Загартування СВЧ (струмами високої частоти) для створення твердого поверхневого шару. Лазерне зміцнення: локальна термічна обробка, яка створює надтверду структуру металу без деформації всієї деталі. Важливим є також захист вузлів тертя та механізмів та герметизація Для внутрішніх механізмів (редукторів, трансмісій) головним є захист від потрапляння пилу. Касетні ущільнення (Cassette Seals): використання багатобар'єрних сальників, які повністю ізолюють підшипниковий вузол від зовнішнього середовища. Автоматизовані системи змащення: Постійна подача свіжого мастила під тиском «видавлює» бруд із вузлів тертя. Магнітні вловлювачі: встановлення магнітних пробок у картерах для збору продуктів зносу, що запобігає абразивному пошкодженню зубчастих коліс [3,4].

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.

2. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.

3. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Журавель Д. П. та ін. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібник. Київ: ЦП «КомпрИнт», 2019. 370 с.

4. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

Науковий керівник: Журавель Д. П., д.т.н., проф.

УДК 663.3

ІННОВАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАПОЇВ

Карачов В. В., аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Виробництво функціональних напоїв на основі рослинних порошків є одним із швидкозростаючих ринків завдяки високій концентрації біоактивних сполук, які можуть бути корисними для здоров'я споживачів. Вживання функціональних напоїв є потенційним способом використання харчових та біоактивних властивостей рослин, що може привернути увагу споживачів. Для забезпечення мікробної стабільності та стабільності якості напої піддаються консерваційній обробці. Однак застосування високих температур призводить до втрати термолабільних біологічно активних речовин.

Перспективною альтернативою високотермічній обробці є кріотехнології. Встановлено, що використання кріогенної технології дозволяє зберегти біологічно-активні речовини, зокрема вітамін С у порошках [1].

Доведено, що суміш двох або більше фруктів може призвести до отримання напоїв з вищою концентрацією вітаміну С та амінокислот [2].

Крім того, поєднання фруктових соків з молоком або рослинним молоком забезпечує синергетичний ефект, оскільки молоко багате на кальцій, кон'югована лінолева кислота, білки та жиророзчинні вітаміни. Зростає також споживання напоїв на основі трав. Трав'яні напої містять велику кількість каротиноїдів, фенольних кислот, флавоноїдів, кумаринів, алкалоїдів, поліацетиленів, сапонінів і терпеноїдів. Показано, що напій з порошку морінги продемонстрував найвищу концентрацію фенольних і флавоноїдних сполук, а також потужну антиоксидантну здатність [3]. Тому, розробляючи оптимальну рецептуру функціонального напою доцільно у його склад ввести порошок морінги.

Літературні дані демонструють потенціал кріопорошків та трав у виробництві функціональних напоїв. Але огляд відповідної літератури показав, що досі не запропоновано технології виробництва, яка б передбачала використання сухого молока, порошку морінги та апельсинового порошку. Це дозволяє припустити, що проведення дослідження, присвяченого розробці рецептури та технології виготовлення функціонального розчинного напою на основі зазначених видів сировини є актуальним.

Розроблена рецептура та технологія виробництва функціонального напою. До складу введено сухе молоко (25%), порошок морінги (25%), порошок м’яти (25 %), порошок апельсину (25%). Згідно запропонованої технології ретельно відмиті апельсини, гарної якості, очищуються від цедри та подрібнюються у овочерізці. Подрібнена апельсинова кашка заморожується в сушарці шокової заморозки. Після заморожування проводиться тонкодисперсне подрібнення заморожених частинок апельсина у кріогенному млині. Після тонкодисперсного подрібнення мікрочастинки висушуються у сублімаційній вакуумній сушарці. Всі рецептурні компоненти просіюються та ретельно змішуються. Отримана суміш розчинного напою пакується, маркується та направляється на зберігання. Гарантований термін придатності до споживання становить 6 місяців.

Результати дослідження показали, що напій із апельсиновим порошком містить 73,8 мг/100 г вітаміну С, що становить 82–98 % рекомендованої добової норми споживання.

Таким чином, розроблений розчинний напій можна вважати функціональним.

Список використаних джерел

1. Павлюк Р. Ю. Розробка кріогенної технології отримання нанопорошків із топінамбуру з використанням рідкого та газоподібного азоту. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. Вип. 6(10), С. 4-10. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56170

2. Vilas-Boas A. A. [et al.]. Innovative Processing Technologies to Develop a New Segment of Functional Citrus-Based Beverages: Current and Future Trends. *Foods.* 2022. Vol. 11(23). P. 3859. https://doi.org/10.3390/foods11233859.

3. Rodrigues J. F. [et al.]. Moringa oleifera Lam. Commercial Beverages: A Multifaceted Investigation of Consumer Perceptions, Sensory Analysis, and Bioactive Properties. *Foods*. 2023. Vol. 12(11). P. 2253. https://doi.org/10.3390/foods12112253

Науковий керівник: Болгова Н. В., к.с.-г.н., доц.

УДК 620.179.621.112

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ГІДРОПРИВОДУ ПОРІВНЯНО З МЕХАНІЧНИМИ ТА ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПЕРЕДАЧАМИ

Замула Б. С., ЗВО 12с(ФМБ) АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. м. Запоріжжя, Україна

Якщо вибирати тип приводу для конкретних завдань, то треба враховувати такі параметри як мобільность, необхідна потужность та точність керування приводу. Гідропривід займає унікальну нішу в таких галузях господарства як сільське господарство, будівельна та авіаційна галузь завдяки своїй неймовірній "щільності" потужності. Розглянемо детальне порівняння гідропривода з основними конкурентами: гідропривід та механічна передача [1,2].

Класичний механічний привід (вали, шестерні, паси) але вона жорстко прив'язує агрегати один до одного. Переваги гідропривода: по-перше гідравлічні лінії (шланги) можна прокласти як завгодно. Для цього не потрібні складні системи карданних валів для передачі енергії у важкодоступні місця, тобто компонована гнучкість ліній. По-друге це безступінчасте регулювання: можна плавно змінювати швидкість від нуля до максимуму без розриву потоку потужності (на відміну від ступінчастих КПП). Гідровлічний привід використовується в автоматичних коробках передач. По-третє це захист від перевантажень: в гідроприводах запобіжний клапан просто скине тиск, якщо робочий орган заклинить. У механічних системах це призведе до поломки зубів шестерень або обриву паса та інших механічних пошкоджень. Недоліки гідравлічного приводі це в першу чергу нижчий ККД, через тертя рідини та витоки, неякісне мастило ККД гідравлічних систем зазвичай становить 0.75–0.85, тоді як у механічних приводах він може сягати 0.95–0.98. Дуже важливим недоліком стає чутливість до забруднень. Якщо в механічних системах старе мастило не є критичним критерієм, то гідравлічні системи можуть вийти з ладу через мікроскопічний пил. По аналогії з механічним приводом проведемо порівняний аналіз гідропривода з електричним приводом. У всіх галузях господарства електрика зараз активно наступає, але гідравлічні системі все ще тримає міцні позиції там, де потрібна потужність та груба сила. Переваги гідропривода: це питома потужність, так гідромотор у 5–10 разів менший і легший за електродвигун тієї ж потужності. Це критично для стріл екскаваторів або маніпуляторів а також техніки яка використовується в сільскому господарстві.

Зусилля на низьких обертах гідравлічний привод може видавати максимальний крутний момент прямо з моменту старту і тримати його нескінченно довго без ризику перегріву та виходу з ладу. Електродвигуни при в такому режимі можуть вийти з ладу. Гідравлічні системи вибухобеспечні, в них немає іскріння, а це важливо для їх використання в шахтах, хімічних виробництвах в других вибухонебеспечних виробництвах [3,4].

Головним недоліком гідравлічних систем є нижча екологічність в порівняні з електрикою. Протікання оливи забруднює ґрунт (важливо для агросектору). А також вплив температури, взимку олива густішає (потрібен прогрів), влітку – розріджується (падає ККД). Електрика стабільна в ширшому діапазоні температур.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Триботехніка: курс лекцій. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 280 с.
2. Дідур В. А., Журавель Д. П., Палішкін М. А. та ін. Гідравліка: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 624 с.
3. Сухенко Ю. Г., Паламарчук І. П., Журавель Д. П. та ін. Надійність обладнання харчової галузі: навч. посібник. Київ: ЦП «КомпрИнт», 2019. 370 с.
4. Дідур В. А., Журавель Д. П. Технічна механіка рідини і газу: підручник. Мелітополь:

ТОВ «Колор Принт», 2019. 468 с.

Науковий керівник: Журавель Д. П., д.т.н., проф.

УДК 637.523:641.1:633.88

ВПЛИВ ШРОТУ РОЗТОРОПШІ НА ХАРЧОВУ ЦІННІСТЬ М'ЯСНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

Алькема О., здобувачка СВО «Бакалавр»
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Ковбасні вироби становлять вагому частку харчового раціону населення, а їх виробництво належить до провідних напрямів м'ясної промисловості. Вони є висококалорійними продуктами із характерними органолептичними властивостями та призначені для безпосереднього споживання без додаткової кулінарної обробки. Технологічний процес виготовлення ковбасних виробів включає низку етапів, у тому числі застосування високотемпературних режимів, що забезпечують інактивацію мікрофлори та стабільність готового продукту, а також визначають тривалість терміну їх реалізації.

Технології виробництва ковбасних виробів постійно модернізується з урахуванням новітніх досягнень науки та техніки. Сучасні наукові розробки у сфері створення м'ясних продуктів з підвищеною харчовою та біологічною цінністю дедалі частіше зосереджуються на пошуку продуктів вторинної переробки рослинної сировини, здатних збагатити склад виробів есенціальними нутрієнтами та забезпечити їм додаткові функціональні властивості, що відповідає новій ідеології розвитку світової м'ясної промисловості щодо виробництва комбінованих м'ясопродуктів.

Серед продуктів вторинної переробки рослинної сировини особливу увагу привертає шрот розторопші плямистої, який є побічним продуктом після вилучення олії з насіння розторопші методом холодного пресування і являє собою подрібнені залишки рослинної сировини. Відомо, що шрот містить значну кількість білка, харчових волокон, селену та силімарину. Також в його складі присутні поліненасичені жирні кислоти, каротиноїди, вітаміни та мінеральні елементи [1]. Такий багатий біоактивними компонентами склад шроту розторопші визначає його актуальність та перспективність використання у технологіях м'ясних ковбасних виробах.

З метою визначення впливу шроту розторопші на харчову цінність м'ясних ковбасних виробів було вивчено зміни хімічного складу виробів при його використанні. Результати дослідження показали, що у виробів зростає масова частка вологи, вірогідно, завдяки високій вологоутримуючій здатності самого шроту, що забезпечує менші втрати під час теплової обробки та підвищує соковитість виробів. Додавання шроту сприяє збільшенню масової частки білка (на 1,6%), збагаченню клітковиною (на 1,8%) та золою. Водночас часткова заміна м'ясної сировини шротом знижує вміст жиру (на 2,3%) та калорійність (в 1,3 рази) виробів.

Отже, використання шроту розторопші як продукту вторинної переробки рослинної сировини в технологіях м'ясних ковбасних виробах дозволяє одержати високоякісну м'ясну продукцію підвищеної харчової та біологічної цінності зі зниженою калорійністю, розширити асортимент, забезпечити раціональне використання сировини, збільшити обсяги виробництва та підвищити економічну ефективність виробництва. Крім того, використання шроту розторопші не потребує залучення до технологічного процесу виробництва м'ясних ковбасних виробів спеціалізованого технологічного устаткування.

Список використаних джерел

1. Рябінін В. О., Алькема О. В., Желєва Т. С. Перспективи використання шроту розторопші як функціонального компонента у складі м'ясопродуктів. *Інноваційні технології розвитку харчових виробництв та ресторанної індустрії: наукові пошуки молоді* : тези доп. III Міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих вчених (м. Харків, ДБТУ, 6 лист. 2025 р.). Харків, 2025. С. 119.

Науковий керівник: Желєва Т .С., к.т.н., доц.

УДК 631.1:005.35:330.341](477):355.018

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ESG-СТАНДАРТІВ В АПК УКРАЇНИ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВІЙНИ ТА ЗАЛУЧЕННЯ ІНВЕСТИЦІЙ У ВІДБУДОВУ

Квашук О. В., викладач в. к. к., викладач-методист,
ВСП «Уманський фаховий коледж технологій та бізнесу» УНУ, м. Умань, Україна

Агропромисловий комплекс України традиційно є фундаментом національної економіки та гарантом глобальної продовольчої безпеки. Проте повномасштабна війна спричинила безпрецедентні виклики: руйнування інфраструктури, замінування величезних площ, забруднення ґрунтів важкими металами та нафтопродуктами. У цьому контексті повоєнна відбудова не може бути простим відновленням старих потужностей. Вона має базуватися на принципі «Build Back Better» (відбудувати краще, ніж було), що передбачає інтеграцію принципів ESG у кожну ланку агровиробництва.

Технічне забезпечення цього процесу стає першочерговим завданням. Впровадження інноваційних технічних засобів дозволяє не лише подолати наслідки війни, а й трансформувати АПК відповідно до вимог «Європейського зеленого курсу», що є головною вимогою міжнародних донорів та інвесторів.

Екологічні наслідки війни для аграрного сектору України важко переоцінити. Збройна агресія призвела до фізичної деградації понад 5 млн гектарів сільськогосподарських угідь. Основні екологічні ризики включають як хімічне забруднення ґрунтів залишками вибухових речовин та боєприпасів, пошкодження зрошувальних систем та зміна гідрологічного балансу регіонів, так і пряме знищення біорізноманіття та деградація родючого шару внаслідок проходу важкої військової техніки.

Подолання цих наслідків вимагає використання спеціалізованої техніки для розмінування, дистанційного зондування та рекультивації. Стандартні агротехнічні заходи за таких умов є недостатніми, що зумовлює потребу в технічному переоснащенні галузі на засадах ESG.

Для глибокого розуміння механізмів повоєнної відбудови необхідно розкрити сутність концепції ESG як цілісної системи оцінки стійкості бізнесу, що базується на трьох взаємозав'язаних вимірах: екологічному, соціальному та управлінському.

У контексті АПК екологічний критерій охоплює не лише зменшення викидів, а й відповідальне ставлення до землекористування, збереження біорізноманіття та впровадження технологій замкненого циклу. Соціальний аспект фокусується на безпеці праці, розвитку сільських громад та забезпеченні продовольчої безпеки, що в умовах війни набуває критичного гуманітарного значення. Управлінська складова передбачає прозорість фінансових потоків, антикорупційну стійкість та якість стратегічного планування.

Сутність впровадження ESG-стандартів полягає у зміні фундаментальної парадигми агровиробництва: від короткострокового виснаження природних ресурсів заради миттєвого прибутку до створення довгострокової доданої вартості. Для українських підприємств це

означає трансформацію внутрішніх процесів у такий спосіб, щоб кожен технічний агрегат чи цифрова платформа працювали на підвищення нефінансових показників звітності. Саме такий інтегрований підхід дозволяє нівелювати інвестиційні ризики, притаманні воєнному часу, і конвертувати екологічну відповідальність у реальний фінансовий капітал для модернізації технічного парку.

Реалізація екологічної складової ESG в АПК можлива через залучення наступних технологічних систем:

А. Безпілотні авіаційні системи та моніторинг. Використання дронів із мультиспектральними камерами є критичним для оцінки збитків та виявлення локальних осередків забруднення ґрунтів. Це дозволяє створювати цифрові карти забруднення без ризику для персоналу.

Б. Технології точного землеробства. Впровадження систем диференційованого внесення добрив та засобів захисту рослин дозволяє зменшити хімічне навантаження на і без того пошкоджені ґрунти. Це відповідає стратегії сталого розвитку та вимогам екологічної безпеки.

В. Енергоефективна техніка та біоенергетика. Заміна застарілого парку машин на сучасні енергоощадні агрегати дозволяє знизити викиди CO2. Крім того, технічне забезпечення переробки сільськогосподарських відходів на біогаз та біопаливо забезпечує енергетичну незалежність підприємств та кругову економіку.

Окрему увагу в контексті технічного забезпечення екологічного вектору слід приділити впровадженню комплексів для глибокої рекультивації та біоремідації техногенно пошкоджених ґрунтів. Внаслідок інтенсивного руху важкої військової техніки та розривів боєприпасів відбувається критичне ущільнення ґрунту та руйнація його структури, що потребує використання спеціалізованих глибокорозпушувачів, оснащених системами автоматизованого ін’єктування біологічних препаратів для нейтралізації залишків паливно-мастильних матеріалів. Інтеграція таких агрегатів із сенсорами потокового аналізу складу ґрунту дозволяє реалізувати концепцію "вуглецевого фермерства" – технічного підходу, спрямованого на максимізацію секвестрації вуглецю в гумусовому шарі.

Для інвестора наявність такого парку техніки є прямим доказом здатності підприємства не лише мінімізувати шкоду довкіллю, а й активно відновлювати природний капітал, що автоматично підвищує рейтинг компанії за показником "Environmental". Таким чином, перехід від традиційних механізованих робіт до інтелектуальних систем екологічної регенерації стає технічним фундаментом для формування "зеленого" іміджу українського АПК на світовій арені, трансформуючи поствоєнний виклик у конкурентну перевагу на ринку екологічно чистої продукції».

Слід усвідомлювати, що фізичне впровадження екологічно орієнтованих технічних засобів – від дронів-розмінувальників до систем точного внесення добрив – є лише першим етапом комплексної ESG-трансформації. Для того, щоб технічні заходи з рекультивації та декарбонізації стали вагомим аргументом для міжнародних донорів, вони мають бути інтегровані в єдину систему цифрового моніторингу та верифікації даних. Адже сучасний інвестор купує не просто технологію, а підтверджений результат у вигляді зниження екологічних ризиків та підвищення прозорості бізнес-моделі.

Це зумовлює об’єктивну необхідність переходу від суто механічних рішень до створення інтелектуальних обліково-аналітичних платформ. Таким чином, технічна база підприємства починає виконувати роль генератора "великих даних", які стають фундаментом для реалізації управлінського компонента. Саме через цифровізацію технічних процесів забезпечується доказовість сталого розвитку, де кожен літр заощадженого пального чи гектар відновленої землі конвертується у верифіковану нефінансову звітність. Такий синергетичний зв'язок між польовим обладнанням та офісними аналітичними системами дозволяє трансформувати технічну модернізацію у потужний інструмент корпоративного управління, що детальніше розглядається у наступному розділі

Інвестори (ЄБРР, Світовий банк, приватні фонди) готові вкладати кошти лише у прозорий бізнес. Компонент управління в ESG забезпечується через цифровізацію обліку:

– інтеграція IoT-датчиків на сільгосптехніку для контролю витрат пального та дотримання агротехнічних норм;

– використання Blockchain-платформ для відстеження ланцюгів постачання, що підтверджує «зелене» походження продукції;

– цифрові двійники ферм, які дозволяють інвесторам у реальному часі бачити ефективність використання капіталу та стан природних ресурсів.

Розвиваючи тезу про цифрову трансформацію управління, слід підкреслити роль інтелектуальних систем аналізу Big Data у формуванні предиктивних моделей розвитку агропідприємства. Впровадження алгоритмів штучного інтелекту, інтегрованих у технічну базу моніторингу, дозволяє не просто фіксувати поточні показники екологічного стану, а й моделювати сценарії відновлення біопотенціалу земель на роки вперед.

Для міжнародних інвесторів такі цифрові прогнози, що базуються на об’єктивних апаратно-технічних даних, є набагато переконливішими за традиційні паперові звіти. Це створює фундамент для випуску "зелених облігацій" чи отримання пільгового фінансування, де ставка дисконтування безпосередньо залежить від підтвердженого рівня екологічного та управлінського комплаєнсу. Таким чином, автоматизація звітності на основі технічних датчиків нівелює суб'єктивний чинник і мінімізує ризики маніпуляції даними, що є ключовим фактором довіри у відносинах із МФО.

Крім того, в умовах збройної агресії та постійних кіберзагроз, управлінський компонент ESG обов’язково має включати систему технічного захисту інформаційної інфраструктури та кіберрезильєнтність облікових систем. Захист даних, що генеруються парком інноваційної техніки та сенсорними мережами, стає частиною національної продовольчої безпеки. Впровадження хмарних технологій із розподіленим доступом та шифруванням гарантує збереження інвестиційної історії підприємства навіть у випадку фізичного пошкодження локальних офісів чи технічних баз. Такий підхід демонструє інвесторам інституційну стабільність бізнесу та його готовність до функціонування в екстремальних умовах. Відтак, цифровізація управління стає не просто технічним оновленням, а стратегічним бронежилетом для капіталу, забезпечуючи його цілісність та прозорість протягом усього циклу повоєнної відбудови.

Світова фінансова система сьогодні орієнтована на «зелені інвестиції». Для українського агробізнесу впровадження ESG-орієнтованого технічного забезпечення є єдиним шляхом до отримання довгострокового пільгового фінансування. Гранти від ЄС у рамках плану відновлення будуть спрямовані на проєкти, що мають чіткий екологічний ефект.

Технічне забезпечення впровадження ESG-стандартів в АПК України є не лише інструментом подолання екологічних наслідків війни, а й потужним важелем залучення капіталу. Повоєнна відбудова потребує переходу від екстенсивного землеробства до високотехнологічного, екологічно безпечного виробництва. Впровадження систем точного землеробства, цифрового моніторингу та відновлювальної енергетики дозволить вітчизняному АПК стати повноцінною частиною європейського продовольчого ринку та забезпечити сталий розвиток сільських територій на десятиліття вперед.

АПК виступає не просто виробником сировини, а високотехнологічним полігоном для впровадження інновацій, що здатні нівелювати катастрофічні екологічні наслідки війни. Синергія сучасних технічних засобів рекультивації, систем точного землеробства та цифрових платформ прозорого управління створює унікальний інвестиційний кейс, який відповідає найвищим вимогам міжнародного капіталу.

Список використаних джерел

1. Кваша Т. К., Паладченко О. Ф., Молчанова І. В. Досягнення цілей сталого розвитку: аналіз показників за пріоритетними напрямами інноваційної діяльності. *Економіка та соціум.* 2022. № 41.

2. Гарнага О. М. Екологічні інновації як чинник сталого розвитку промислових підприємств. *Ефективна економіка.* 2021. № 10.

3. Макаренко О. О. Розвиток фінтех-індустрії як чинник трансформації фінансового ринку України. *Економіка та суспільство*. 2022. № 36.

4. Pedersen L. H., Fitzgibbons S., Pomorski L. Responsible investing: The ESG-efficient frontier. *Journal of Financial Economics*. 2021. Vol. 142, no. 2. P. 572–597.

5. Чмут А. В., Овчаренко Т. І. Вплив ESG-факторів на інвестиційну привабливість підприємств в умовах цифровізації. *Економіка, управління та адміністрування*. 2023. № 2(104). С. 45–52.

УДК 631.243:635.1

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ КАГАТУ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЦУКРОВОГО БУРЯКА

Ліннік А. Ю., доц, к.т.н.,
Стрихар М. І., асист.
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

У сучасних умовах інтенсифікації цукрового виробництва проблема збереження якісних показників коренеплодів у післязбиральний період набуває стратегічного значення. З позицій агроінженерії коренеплід цукрового буряка розглядається не як пасивний об’єкт зберігання, а як складна біологічна система з автономною метаболічною активністю, здатністю до теплопродукції та безперервного масообміну з навколишнім середовищем. Такий підхід принципово змінює трактування процесів зберігання – від статичного складування до керованої біотехнічної системи [1].

Після механізованого вилучення з ґрунту коренеплоди піддаються стресовим впливам: механічним пошкодженням, різкій зміні температурно-вологісного режиму та порушенню газообміну. У відповідь активізуються процеси клітинного дихання, перебудовується водний баланс тканин, зростає проникність клітин, а також підвищується сприйнятливість до патогенної мікрофлори. Тому післязбиральне зберігання коренеплодів – це не лише технологічна операція, а складна технічна задача з підтримання стабільного мікроклімату, контролю повітрообміну та відведення теплопродукції. Через суттєві тепловиділення у великих насипах коренеплодів можуть виникати локальні температурні аномалії, що спричиняють явище самозігрівання, результат дисбалансу між генерацією тепла та тепломасообміном із навколишнім середовищем [2].

Основними агроінженерними викликами сучасного післязбирального зберігання є:

· Точне моделювання тепломасообмінних процесів у великих насипах коренеплодів за різних кліматичних умов.

· Оптимізація геометрії кагатів для зниження зон неадекватного повітрообміну та запобігання самоопалення.

· Проєктування автоматизованих систем контролю мікроклімату, що включають моніторинг температури, вологості та концентрації газів усередині кагату.

· Інтеграція біофізичних моделей з технологічними рішеннями, що дозволяє мінімізувати втрати сахарози, запобігати умовам, сприятливим для розвитку мікроорганізмів, і підвищувати стабільність якості сировини.

Впровадження науково обґрунтованих моделей тепломасообміну та сенсорного моніторингу забезпечує перехід від емпіричних підходів до прогнозованого й адаптивного менеджменту зберігання.

Висота та щільність укладання кагату суттєво впливають на розподіл температури та механічний стан коренеплодів. Високі кагати (5–6 м) характеризуються ущільненням нижніх

шарів, що підвищує питомий тиск на тканини та збільшує частоту механічних пошкоджень. Нижні шари майже ізольовані від природної вентиляції, що призводить до локального підвищення температури на 3–5 °С порівняно із середнім рівнем кагату [3].

Особливу увагу слід приділяти технічній підготовці коренеплодів перед укладанням у кагати, оскільки саме від цього етапу значною мірою залежить подальша якість зберігання. Механічні пошкодження тіла коренеплоду, залишки гички та сторонніх домішок не тільки порушують рівномірність укладання, а й створюють локальні канали для конденсації вологи, що сприяє утворенню мікрозон підвищеної вологості. Це, у свою чергу, підвищує ризик розвитку патогенних мікроорганізмів і призводить до часткового загнивання коренеплодів вже у перші дні після укладання.

Механічні пошкодження тканин створюють локальні зони з підвищеною активністю ферментів і мікробів, що прискорює дихання та тепловиділення, формує температурні аномалії і стимулює додаткові втрати сахарози. Залишки гички або інших рослинних домішок підвищують пористість масиву, що порушує однорідність тепломасообміну та збільшує ймовірність конденсації вологи на поверхні коренеплодів, особливо в нижніх шарах кагату.

Ретельне очищення коренеплодів і видалення гички та домішок не тільки підвищує механічну стабільність масиву, зменшуючи тиск на нижні шари і частоту пошкоджень, а й забезпечує більш рівномірний розподіл повітря і тепла в кагаті. Це дозволяє мінімізувати локальні перегріви, знизити інтенсивність дихання та втрати сахарози, а також попередити розвиток бактеріальної і грибкової флори. Таким чином, технічна підготовка коренеплодів є критично важливим етапом післязбиральної агроінженерної системи, який визначає ефективність зберігання, стабільність якості сировини та економічну рентабельність виробництва цукру. Зменшення висоти кагату до 3–3,5 м або формування багатошарових структур із вентиляційними каналами дозволяє: покращити тепловідведення; знизити механічне навантаження на нижні шари; забезпечити рівномірний мікроклімат у всьому об’ємі насипу.

Вологість повітря безпосередньо впливає на механічну міцність коренеплодів. Відносна вологість нижче 85% спричиняє втрату води та підвищення крихкості тканин, що підвищує ймовірність тріщин і пошкоджень [4]. Надмірна вологість (>98%) призводить до конденсації і розвитку патогенної мікрофлори. Оптимальний діапазон 90–95% забезпечує баланс між механічною стабільністю та мінімізацією втрат сахарози. Підведемо підсумки в таблиці.

Параметр кагату	Висота, м	Відносна вологість, %	Добові втрати сахарози, %	Частка пошкоджених коренеплодів, %
Високий кагат	5–6	85	0,038	18–22
Середній кагат	3–3,5	90–95	0,015	10–12
Низький кагат	2–2,5	90	0,012	8–9

Результати демонструють, що оптимізація геометрії кагатів та підтримання вологості у контрольованих межах зменшує втрати сахарози на 25–35% і частку механічних пошкоджень на 15–20%.

Післязбиральне зберігання коренеплодів цукрового буряка є інтегрованою біоінженерною задачею, де фізіологічні процеси взаємодіють із геометрією кагату, вологою та механічними чинниками. Підхід, який включає оптимізацію висоти та щільності укладання, видалення залишків гички, контроль мікроклімату та використання автоматизованих систем моніторингу, дозволяє ефективно знизити втрати сахарози та механічні ушкодження, забезпечити стабільну якість сировини та підвищити ефективність цукрової галузі. Такий системний підхід відкриває можливості для прогнозованого й адаптивного управління післязбиральним зберіганням і формує надійну основу для розвитку сучасного агропромислового виробництва.

Список використаних джерел

1. Fugate K. K., Eide J. D., Lafta A. M. та ін. Transcriptomic and metabolomic changes in postharvest sugarbeet roots reveal widespread metabolic changes in storage and identify genes potentially responsible for respiratory sucrose loss. *Frontiers in Plant Science*. 2024. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1320705
2. Influence of pile geometry and ventilation on sugar beet storage losses**.** *International Journal of Molecular Sciences.* 2024. Vol. 25(23). P. 12681. https://www.mdpi.com/1422-0067/25/23/12681 (дата звернення 25.01.2026).
3. Зменшення втрат цукрози при зберіганні цукрових буряків: аналітичний огляд факторів та засобів мінімізації. В. М. Мількевич. *Наукові праці НУХТ*. 2019.
4. Кузьменко М. В., Литвиненко С. І. Агроінженерні аспекти післязбирального зберігання буряків: вплив вологості та температури на якість коренеплодів. *Аграрна наука та освіта*. 2020. Вип. 28(4). С. 33–42.

УДК 621.312.67

ЕЛЕКТРОПРИВОД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: СТАН, ПРОБЛЕМА, ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ

Ташлікович В. С. здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»,
Гузенко В. В. к.т.н., доц.
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Відомо, що для здійснення більшості технологічних процесів в сільськогосподарскому виробництві широко застосовуються електрифіковані машини та механізми, робочі органи яких приводяться у рух за допомогою електроприводу [1].

Як показує аналіз, що сучасний стан електропривода сільскогосподарських машин визначають елементи, які складають його структуру, техніко-експлуатаційні показники, наукові дослідження, досягнення в електротехнічній та машинобудівній промисловості.

Виробництво електродвигунів, редукторів, мотор-редукторів, пристроїв керування та захисту головним чином передбачає загальнопромислове призначення. При цьому різні відомства електротехнічної та машинобудівної промисловості, оптимізуючи свою продукцію, проводять субоптимізацію електропривода в цілому. Про це свідчать техніко-експлуатаційні показники електропривода, які через невідповідність його умовам, режиму роботи сільськогосподарських машин набувають низьких числових значень.

Отримані результати свідчать, що на основі проведенних досліджень можна встановити, що більшість електроприводів тихохідних сільськогосподарських машин мають коефіцієнт навантаження 0,3-0,6, використовуються вони протягом року менше 600 годин.

При зменшенні навантаження на 50% від номінального і річному завантаженні 500 годин порівняно з тим, на яке розраховуються елементи електропривода - 1500 годин приведені витрати збільшуються на 40-60%. Втрати потужності в механічних передачах від загальних витрат в електроприводі при вказанному навантаженні складають 5-30 % [2]. Залежно від режиму роботи на експлуатацію механічних передач припадає 50-80% від загальної суми витрат.

За потужністю в технологічних процесах аграрно-промислового комплексу (АПК) електричні двигуни розподіляються таким чином: до 0,6кВт – 10%; від 0,6 до 1,1 кВт – 15%; від 1,1 до 5,5 кВт – 30%; від 7 до 13 кВт – 10%; від 13 кВт і вище – 5%;

Отже, на сьогоднішній день існуюча проблема ефективного використання електропривода сільськогосподарських машин є актуальною і потребує проведення

цілеспрямованих наукових досліджень в таких напрямах: виявлення впливу експлуатаційних чинників на роботу електропривода, встановлення його оптимальних режимів роботи, створення нових пристроїв керування, захисту, електродвигунів спеціального призначення. Слід зазначити, що перспектива використання електропривода сільськогосподарських машин обумовлюватиметься тим, як при його проектуванні враховані умови експлуатації, конструкція, режим роботи.

Проектуючи нові елементи електропривода необхідно, щоб при однакових умовах експлуатації, порівняно з існуючими його варіантами, досягти надійності у роботі, зменшення втрат потужності, підвищення коефіцієнтів корисної дії, потужності, простого і дешевого конструктивного виконання.

Перстективним є розробка безредукторного електропривода сільськогосподарських машин, оскільки при безпосередньому з'єднанні електродвигуна з робочим органом машини можна більш повно реалізувати машини, забезпечити техніко-експлуатаційні показники на бажаному рівні. Виготовлення електричної частини електродвигунного індуктора з врахуванням конструкції машини, технологічних вимог дає змогу передбачити регулювання потужності електродвигуна залежно від завантаження машини, забезпечити техніко-експлуатаційні показники на бажаному рівні. В результаті проведених розрахунків встановлено, що економічний ефект від впровадження безредукторного електропривода сільськогоподарських машин на основі електродвигуна спеціального призначення одержують за рахунок зменшення приведених витрат, пов'язаних з виробництвом і експлуптацією, на 22-32%.

Наші довготривалі дослідження, які проводились в сучасних лабораторіях спрямовані на комплексне вирішення організаційно-економічних, технологічних, технічних питань щодо розробки електродвигунів спеціального призначення, є передумовою ефективного використання електропривода виробничих сільськогосподарських машин.

Список використаних джерел

1. Клепиков В. Б. Динаміка електромеханічних систем з нелінійним тертям: монографія. Харків: Видавництво "Підручник НТУ ХПІ", 2014. 408с.

2. Корчемний М. О. та ін. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль.: Підручники і посібники, 2001. 90 с.

Науковий керівник: Хандола Ю. М., к.т.н., доц.

УДК 631.3:004:62-762

ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ТА РЕСУРСУ ГУМОВО-МЕТАЛЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДАМИ СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОГО АНАЛІЗУ

Равлик С., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Сучасні машини АПК стають потужнішими та швидкісними. Вони працюють у надскладних умовах, а вихід з ладу окремих елементів часто призводить до зупинки всього технологічного процесу. Міцність гумових та гумово-металевих елементів в сучасних машинах АПК розглядається як чинник надійності та ресурсозбереження сільськогосподарської техніки. Сільськогосподарська техніка працює в умовах, які є екстремальними для еластомерів, проблема визначення міцності ускладнюється впливом

агресивних середовищ.

Для інноваційних технологій характерне підвищення точності розрахунків. Традиційні методи не дають змоги точно спрогнозувати момент відриву гуми від металевої обойми. В АПК шарніри часто виходять з ладу через руйнування клейового шару між металом і гумою [1]. Розрахунок цього вузла потребує моделювання зони контакту як окремого критичного елемента. Гума в підвісках важких борін або сівалок працює в зоні великих деформацій, де закон Гука не діє. Відсутність точних баз даних фізико-механічних властивостей гум створює розрив між теоретичними розрахунками та реальними випробуваннями.

Визначення міцності гумово-металевих виробів за допомогою SolidWorks Simulation або Stress Analysis в Inventor можливе, але з певними важливими застереженнями щодо фізики процесу. Оскільки такий шарнір складається з двох кардинально різних матеріалів – жорсткої сталі та еластичної гуми – стандартний лінійний аналіз не завжди дає 100% точну картину. Стандартний модуль аналізу напружень базується на лінійному наближенні. Для металевих частин легко отримати напруження за Мізесом, коефіцієнт запасу міцності та деформації [2]. Для гуми дещо складніше, адже вона є нелінійно-пружним матеріалом. В програмах САПР можна задати її властивості через модуль пружності та коефіцієнт Пуассона, але програма розраховуватиме її як дуже м’яку сталь. Отримується загальне уявлення про розподіл навантаження та зони концентрації напружень, але значення деформацій при великих кутах повороту можуть бути похибкою.

Для швидкої перевірки підійде аналіз міцності. Для попереднього розрахунку потрібно задати гуму як ізотропний матеріал. Оскільки властивості гуми сильно залежать від її твердості, параметри будуть варіюватися. Можна побачити, чи не «попливе» метал і де гума стискається найбільше. Для сертифікаційних розрахунків краще використовувати розширені модулі, які мають спеціальні моделі матеріалів для гуми і дозволяють розраховувати великі переміщення.

Список використаних джерел

1. Білецький Є. С., Шпак Д. Ю., Шидловський М. С. Визначення деформаційних характеристик нестандартних гумово-металевих шарнірів для автомобільного транспорту. *Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки*. Київ : НТУУ «КПІ», ММІ, 2011. С. 24–25.

2. Дереза О. О. Сучасні методики комп'ютерного проєктування вузлів і деталей машин: навчальний посібник / О. О. Дереза, І. О. Водяницький, О. Ю. Михайленко; ТДАТУ. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. 277 с.

Науковий керівник: Дереза О. О., к.т.н., доц.

УДК 621.43.05:519.876.5

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ ЧОТИРЬОХКОМПОНЕНТНОЇ ДВОФАЗНОЇ ПАЛИВНОЇ СУМІШІ ДЛЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА

Лисенко Р. Д., здобувач третього рівня вищої освіти «Аспірант»
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності й екологічності дизельних двигунів є застосування багатокомпонентних паливних систем, зокрема чотирьохкомпонентних двофазних паливних сумішей, які можуть включати традиційне дизельне паливо, біодизель, легколетючі кисневмісні компоненти (етанол, бутанол) та

функціональні присадки (цетанові покращувачі, депресорні та миючі добавки) []. Такі суміші дозволяють цілеспрямовано впливати на фізико-хімічні властивості палива (в'язкість, цетанове число, теплота згоряння, поверхневий натяг, температура спалаху), а отже – на процеси розпилення, випаровування, формування паливно-повітряної суміші та власне горіння в камері згоряння [1].

Разом з тим поява додаткової рідкої фази та складні міжкомпонентні взаємодії у чотирьохкомпонентних двофазних системах ускладнюють опис процесу горіння, особливо за різних режимів роботи дизельного двигуна (малі, середні та високі навантаження, часткові та повні навантажувальні режими, перехідні процеси) [2]. На відміну від традиційних одно- або двокомпонентних палив, для багатокомпонентних сумішей суттєво змінюються.

Особливої актуальності набуває врахування динаміки теплових процесів і швидкості згоряння для кожного окремого режиму роботи двигуна, оскільки оптимальне протікання процесу горіння (час запізнення займання, тривалість основного етапу горіння, положення максимуму тиску та тепловиділення відносно верхньої мертвої точки) визначає як ефективність перетворення хімічної енергії палива на механічну, так і рівень механічних та термічних навантажень на елементи кривошипно-шатунного механізму [3].

Виходячи з вищенаведеного виникає потреба у розробці математичної моделі та виконанні теоретичного дослідження процесу горіння чотирьохкомпонентної двофазної суміші у циліндрі дизельного двигуна для різних навантажень [4], з урахуванням динаміки тепловиділення, швидкості згоряння та впливу складу палива на продуктивність двигуна.

Нами було описано процес, системою енергетичного та кінетичного рівнянь із виділенням ефективної швидкості тепловиділення:

$$\frac{\mathrm{dQ}}{d\varphi} = \sum_{\mathrm{i}=1}^{4} \mathrm{m_i}(\varphi)\mathrm{H_{u,i}}\mathrm{f_i}(\alpha, p, T)$$

де φ – кут повороту колінчастого вала, m_{i} – миттєва швидкість згоряння i-го компонента, $H_{u,i}$ – нижча теплота згоряння, $\mathrm{f_i}$ – функції, що враховують надлишок повітря α, тиск p і температуру T у камері згоряння.

Математична модель показує, що збільшення частки кисневмісної біодобавки на 10 – 20% за об'ємом зменшує тривалість основного періоду згоряння на 5–8 % у режимі середнього навантаження, а також знижує індикаторну питому витрату палива до 3–5 % за рахунок більш повного згоряння і це дозволяє утримувати прийнятний рівень максимальної температури, що потенційно зменшує утворення NOx.

У проведених теоретичних дослідженнях розроблено узагальнену математичну модель процесу горіння чотирьохкомпонентної двофазної паливної суміші в дизельному двигуні, яка враховує співвідношення компонентів, динаміку тепловиділення, зміну швидкості згоряння та режим роботи двигуна.

Показано, що введення помірних кількостей кисневмісної біодобавки (10–20 %) може забезпечити зниження пікових температур згоряння при високих навантаженнях, а також скорочення тривалості основного періоду горіння та зменшення питомої індикаторної витрати палива у діапазоні середніх навантажень. Таким чином, модель дозволяє визначити раціональний інтервал вмісту біодобавок, який забезпечує компроміс між паливною економічністю, тепловим навантаженням деталей та потенційним зниженням утворення токсичних компонентів відпрацьованих газів.

Отримані результати можуть бути використані як науково-практична основа для попередньої оптимізації складу чотирьохкомпонентних паливних сумішей та налаштування режимів роботи дизельних двигунів, а також для подальшого розвитку більш детальних багатозональних і CFD-моделей робочого процесу.

Список використаних джерел

1. Корольчук С. І., Бойко О. М. Теоретичні основи моделювання робочого процесу дизельних двигунів із використанням альтернативних палив. *Вісник Національного технічного*

університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування. 2019. № 3. С. 27–35.

2. Rakopoulos C. D., Dimaratos A. M., Giakoumis E. G. Investigating the emissions during acceleration of a turbocharged diesel engine operating with bio-diesel or n-butanol diesel fuel blends. *Energy*. 2013. Vol. 52. P. 488–498.

3. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Education, 2018. 960 p.

4. Lysenko R. Mathematical simulation of the working process of the gas-diesel cycle in the cylinders of the Powertech 6068hf250 engine. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2024. № 2 (113). С. 127-131.

Науковий керівник: Рябошапка В. Б., к.т.н., доц.

УДК 631.331.53:633.63

ОГЛЯД СІВАЛОК ДЛЯ ПОСІВУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Дерев'янко Д. А., д.т.н., проф.,
Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Шаповал М. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мазур М. П., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Сучасні сівалки для посіву цукрових буряків поділяються на кілька основних типів: рядкові, точного висіву (прецизійні, вакуумні або дискові), монопосівні (однозернові) і комбіновані (сівалки із вбудованим внесенням добрив чи агрегатовані з культиватором). Рядкові сівалки мають просту конструкцію (несуча рама, сошники, маркери) і висіюють насіння в рядки з сталим міжряддям (зазвичай 45–75 см). Прецизійні сівалки (наприклад, Monosem NC, HORSCH Maestro, Kuhn Planter 3) використовують вакуумну або механічну подачу і забезпечують одиничне точне вкладення кожного зерна. Вони дозволяють досягти високої точності та рівномірності посіву навіть за значної швидкості (до 15 км/год). Монопосівні системи (часто тих же виробників) схожі за принципом, але пристосовані для однозернових культур і можуть мати спеціальні сошники для буряку. Комбіновані сівалки (наприклад, Amazone Cataya) поєднують посів з іншими операціями, внесенням добрив чи обробкою ґрунту, що скорочує число проходів техніки.

На ринку США популярні великі причіпні сівалки (Great Plains YP-серії) з великою робочою шириною (10–13 м) і міжряддями 56 см, а також високотехнологічні посівні комплекси (HORSCH Maestro, Väderstad Tempo, John Deere точні сівалки). В Європі переважають навісні сівалки (Amazone Precea, Kuhn Planter 3, Väderstad Tempo) та мобільні комплексні системи (Amazone Cataya з AG-секціями). В Україні широко застосовуються як імпортні машини (Monosem, Horsch, Väderstad), так і вітчизняні розробки (СЗФ «Фаворит», «Vesna-12»). Кожен тип має свої переваги: наприклад, прецизійні сівалки дозволяють економити насіння і отримувати рівномірне сходження, а комбіновані – зменшують витрати ресурсів. У рекомендаціях для фермерів варто врахувати розмір господарства (для малих – компактні сівалки 4–6 м, для великих – 8–12 м), характеристики ґрунту (легкі ґрунти – активні дискові сошники; важкі – великі ґрунтозачепи і додаткові прикочувальні котки), потужність наявних тракторів (від 80 к.с. і вище) та бюджет. Перспективними є тренди на автоматизацію (ISOBUS-керовані системи, GPS-моніторинг) та високошвидкісний точний посів (до 15 км/год).

Рядкові (просапні) сівалки зазвичай складаються з рами (приєднується до трактора), механічних висівних секцій (сошники, котки), маркерів, бункерів насіння та добрив.

Прикладом є серія Yield-Pro YP компанії Great Plains (рис. 1). Кількість рядків у таких сівалках може варіюватися (6–12 для компактних, до 18 і більше для великих агрегатів), міжряддя фіксоване (зазвичай 45 або 56 см). Машини можуть бути навісні (зчіпка 3–6 м) або причіпні (5–13 м захват). Подавання насіння механічне (зубчасті передачі) або пневматичне (насосний розподіл по трубах).

Рядкові (просапні) сівалки дешевші та простіші у обслуговуванні. Вони забезпечують високу продуктивність на підготовленому ґрунті, добре працюють на великих полях. Недолік – менша точність висіву (особливо при дрібному насінні буряку) і неможливість працювати за дуже високих швидкостей. Для досягнення кращої точності часто використовують широкі прикочувальні котки та оптимальні маркери, але навіть так рівномірність посіву поступається прецизійним системам.

Сівалки точного висіву (прецизійні) – це сівалки з окремими механізмами дозування для кожного рядка – зазвичай вакуумні або дискові. Такі сівалки оснащені великими центральними бункерами і розгалуженим пневматичним розподілом насіння до кожного сошника. Найбільш поширені сівалки точного висіву HORSCH Maestro, Amazone Precea (рис. 2, Kuhn Planter 3. Кількість висіваючих рядків можуть бути від 6 до 24, із гнучким міжряддям (від 45 до 75 см). Бункери можуть бути як спільними («seed wagon») так і окремими на кожен ряд (Precea 6000-TCC, рис. 3).

Рис. 1. Просапна сівалка YP-1625AHD Great Plains

Рис. 2. Сівалка точного висіву Amazone Precea зі спільним бункером («seed wagon»)

Рис. 3. Сівалка точного висіву Precea 6000-TCC з окремими бункерами

Прецизійні сівалки дають найвищу точність закладки зернин в ґрунт, що особливо важливо для дрібного насіння буряку. Це забезпечує максимальне вирівнювання рослин і потенційно вищий урожай при зменшеній витраті насіння (на 30–90%). Вони підтримують високі швидкості без втрати якості (до 15 км/год). Часто вбудовують технології прикочування, внесення добрив (micro-granule) та моніторинг на кожен ряд (сенсори Opto).

Комбіновані сівалки поєднують посів цукрових буряків з іншими операціями: наприклад, сівалка + підживлення (Amazone Cataya) або сівалка на базі культиватора (Amazone Precea-3000 на рамі культиватора QuickLink). Такі машини інтегрують обробіток ґрунту і посів в один прохід, що економить час і паливо.

Рис. 4. Комбінована сівалка Amazone Precea-3000

Національний ринок посівних машин поєднує імпортні та вітчизняні розробки. З вітчизняних – компанія «Фаворит» виробляє пневматичну сівалку «Весна-12» для цукрового буряку (12 рядків, міжряддя 45 см, робоча ширина 5,6 м, продуктивність до 5,4 га/год при 9 км/год). Ця сівалка доволі легка (1,55 т) і призначена для тракторів 80 к.с. Особливість «Весни-12» – класична схема висіву зі штампованим сошником, окрема подача добрив (об'єм 280 л), що дозволяє працювати на типових українських чорноземах з невисокою рослинною стернею

Рис. 5. Пневматична сівалка «Весна-12».

Серед імпортних брендів в Україні активно використовують Monosem NC (Франція), HORSCH Maestro (Німеччина) та Väderstad Tempo V (Швеція) та Amazone Precea (Німеччина). Також зустрічаються Kuhn Planter 3 та Great Plains YP-4425A.

Зіставлення технологій показує, що для цукрового буряку критичними є точність висіву і швидкість посіву. Традиційні рядкові сівалки простіші і дешевші, але їх роль зменшується зі зростанням цін на насіння. Більшість сучасних господарств віддають перевагу прецизійним системам (вакуум/електро), що зменшують сходження бур'янів через однорідність сходів. Інтеграція ґрунтообробки (комбіновані агрегати) та цифрові рішення (ISOBUS, GPS, датчики) – головні тенденції, які прискорюють сівбу та знижують витрати на гектар. У майбутньому очікується поширення автономних сівалок та робототехніки (без тракторних агрегатів), удосконалення сенсорів для «розумного» висіву в реальному часі та розвиток екологічних стандартів (наприклад, точне локальне внесення добрив при посіві). Науковці продовжують розробляти нові системи дозування (електричні гіроскопи, штучний інтелект).

УДК 621.43.018:629.113.004.6

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Куликівський В. Л., к.т.н., доц.,
Вендер С. А., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Кальник О. Р., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Стеблецький Н. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Двигуни внутрішнього згоряння залишаються основою сільськогосподарського, автомобільного, морського та промислового транспорту. Однак зростання викидів парникових газів підвищує вимоги до ефективності й надійності ДВЗ. У відповідь галузь рухається в бік більшої «свідомої» експлуатації: збір і аналіз даних під час роботи двигуна з використанням датчиків та моделей машинного навчання дозволяє прогнозувати несправності та проводити техобслуговування на основі стану, а не за фіксованим графіком. Переваги такого підходу – зниження непланових відмов, оптимізація експлуатаційних витрат і подовження ресурсу обладнання.

Ключовими викликами при впровадженні систем діагностики є: необхідність надійних датчиків підвищеної довговічності, розвиток алгоритмів для обробки сигнали в умовах шуму і змін навантаження, а також потреба у великих відкритих наборах даних для навчання алгоритмів AI. Незважаючи на те, що традиційні методи (вимірювання тиску, витяг двигуна з колії тощо) дають точні результати, вони дороговартісні та потребують зупинки обладнання. Тому сучасна тенденція – застосовувати неінвазивні методи на основі зовнішніх датчиків (вимірювання вібрації, акустики, температури поверхонь, аналіз вихлопних газів тощо). Наприклад, акустичний аналіз шуму двигуна з мікрофону дозволяє з ймовірністю до 99 % визначати пропуски запалювання чи детонацію, а вібраційний аналіз за допомогою акселерометрів ефективний для діагностики люфтів клапанів, неправильної балансування чи проблем підшипників. Одночасно аналітика вихлопних газів (контроль складу CO, NO_x, HC) дає інформацію про ефективність горіння та зносу двигуна. Із розвитком тепловізійних камер і лазерних датчиків можливе безконтактне виявлення гарячих точок (перегріви) та контролю витоку газів.

Діагностичні методи умовно можна розділити на інвазивні і неінвазивні. Інвазивні (наприклад, вимірювання тиску у циліндрі за допомогою датчика, який вмонтований через свічку запалювання) забезпечують високоточні дані про процес згоряння, але потребують суттєвого втручання, часу і коштів. Натомість неінвазивні методи не розбирають двигун, а ставлять датчики зовні або на робочі середовища. До основних груп методів діагностики ДВЗ відносять:

Візуальні методи (відеоендоскопія, бороскопія): огляд внутрішніх поверхонь циліндрів та деталей за допомогою гнучкого оптоволоконного зонда з камерою (безпечний без зупинки двигуна).

Акустичні методи: аналіз звукових хвиль і шумів двигуна. До них належать вимірювання шуму детонації, клацаючих чи стукітних сигналів за допомогою мікрофонів або спеціалізованих випромінювачів (п'єзоакустичних сенсорів).

Вібраційні методи: реєстрація вібрації корпусу двигуна або його опор за допомогою акселерометрів (п'єзоелектричних, ємнісних тощо). Аналіз спектрів і гармонік вібрації дозволяє виявити дисбаланс, биття обертальних частин, люфти клапанів або пошкодження підшипників.

Аналіз вихлопних газів: використання газоаналізаторів (O_2, CO_2, CO, NO_x, HC-сенсори) і датчиків температури вихлопу для оцінки ефективності згоряння і витоку пального.

Термографія та термометрія: застосування інфрачервоних камер або пірометрів для

побудови теплових карт поверхонь двигуна та навколишнього обладнання. Це дозволяє безконтактно виявити перегрів частин (поршні, клапани, випускний колектор тощо) та дефекти, що викликають локальне підвищення температури.

Сенсорика тиску/температури: датчики тиску палива та мастила, датчики температури масла, охолоджуючої рідини чи стінок циліндрів. Також до цієї категорії відносять інвазивні датчики тиску в циліндрах (п'єзодатчики, термопарні лампи), які підключаються через роз'єм свічки або спеціальний доступ.

Оптичні методи: вимірювання параметрів полум'я ігоріння (скорості фронту полум'я, окису азоту у світінні полум'я за допомогою лазерної спектроскопії), інтегральна оптична інтерферометрія чи лазерна доплерівська віброметрія для безконтактного вимірювання вібрацій.

Безконтактні методи вібро- та акустики: наприклад, лазерний доплерівський віброметр (LDV) для виміру вібрації без фізичного контакту.

Діагностика по стану мастила: хімічний та спектрометричний аналіз компонентів мастила (вміст металів зносу, зважені домішки, в'язкість).

Електричні сигнали і бортова діагностика: аналіз сигналів електричних систем – напруга батареї, струм та напруга на датчиках, сигнал системи запалювання (свічкові напруги, імпульси форсунок). Наприклад, аналіз струмових хвиль форсунок чи іскроутворення для виявлення відхилень.

Діагностика паливної системи та форсунок: вимірювання тиску в паливній рампі, аналіз геометрії імпульсу впорскування, використання ультразвукових методів для оцінки прохідності форсунок.

Діагностика по компресії в поршневій групі: традиційна перевірка стиску циліндрів (компресиметрія) і випробування на герметичність (leck-down test), а також динамічна реєстрація профілю тиску в циліндрі під час роботи (індикаторна діаграма).

Кожна з перелічених методик має свої переваги і обмеження.

Застосування AI і ML у діагностиці ДВЗ стало одним із ключових трендів. Великий обсяг даних, що збирається з сенсорів (вібрації, акустики, газів, температури), неможливо ефективно обробити класичними методами, особливо в реальному часі. Нейронні мережі, зокрема глибокі CNN чи RNN, здатні розпізнавати складні патерни дефектів у цих даних. Так, гібридні моделі із GRU трансформером показали перевагу в класифікації акустичних ознак несправностей. Використовуються різні підходи: від класичних (дерева рішень, SVM, випадковий ліс) до передових (глибинне навчання, автокодери для аномалії). ШІ дозволяє підвищити чутливість і знизити час обробки, а також реалізувати адаптивне навчання під нові умови.

Обробка сигналів (DSP) є важливою передумовою. Перед «годуванням» моделей AI дані проходять фільтрацію FFT або вейвлет-преобразування. Наприклад, ШПФ виділяє спектральні частоти дефектів, а вейвлети – локалізовані в часі пульсації. Цифрові двійники (Digital Twins), інтеграція симуляційного моделі двигуна з його реальним «двійником», дозволяє моделювати поведінку системи у віртуальному середовищі з потоковим оновленням даних від реальних сенсорів. Такий підхід дає низку переваг, а саме: можна прогнозувати несправності, ідентифікувати аномалії шляхом порівняння реального стану з моделлю, а також оптимізувати режими роботи за допомогою «що-якщо» сценаріїв. У літературі відзначають, що цифрові двійники дозволяють виявляти навіть найменші відхилення й переводити обслуговування в більш проактивний режим. Зокрема, в морській галузі для суднових двигунів побудовано цифрові двійники, що інтегрують теоретичні й експериментальні дані в реальному часі.

У результаті роль AI/DSP/DT полягає у створенні інтелектуальних систем діагностики. Вони аналізують комплексну інформацію зі всіх датчиків одночасно, навчаються на історичних даних несправностей і можуть прогнозувати погіршення стану ще до фактичної поломки. Зв'язування мультисенсорних даних з алгоритмами машинного навчання – основа сучасних перспективних підходів.

УДК 631.37:621.313.13

АНАЛІЗ ВПЛИВУ НА РОБОТУ ТРИФАЗНИХ ДІНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НЕСИНУСОЇДНОСТІ ЖИВЛЕННЯ

Козак О. Я., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»,
Носко С. С., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

В електричних колах 0,4 кВ систем електропостачання об'єктів з нелінійними електричними навантаженнями спостерігається значне спотворення форм кривих напруги. Сучасні системи керування електроприводами використовують частотні перетворюючі установки, вентильні і частотно-керовані двигуни. При цьому в мережі живлення двигунів, у їхніх нелінійних струмах і напругах мають місце вищі гармонічні (ВГ) складові. Вони створюють в трифазній системі пряму послідовність (1-, 4-, 7, 13-у і таке інше), зворотну послідовність (2-, 5-, 8, 11-у і таке інше) і нульову послідовність (гармоніки, кратні трьом) [1]. Але ізоляційні матеріали електромеханічних динамічних навантажень розраховані на роботу при визначеній якості електричної енергії: номінальній напрузі, частоті, струмі та ін. У паспортних даних обов'язково вказано необхідний рівень якості електричної енергії в мережі, тому що в разі відхилення від цих показників у роботі електричного трифазного динамічного навантаження має місце прискорений знос ізоляції обмоток, зменшення строку служби, погіршення продуктивності та збої у роботі [2].

Коефіцієнти спотворення синусоїдних кривих фазних напруг в цих системах досягають 10-15 % и перевищують вимоги ДСТУ: EN 50160-2014 про характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення. Причому спектр вищих гармонічних складових напруги представлений 5, 7, 11 і 13 гармоніками.

Кожна гармоніка напруги створює в АД магнітне поле, яке обертається з частотою

$$n_{1k} = \frac{60 \times f_k}{p} = (\frac{60 \times f_1}{p}) \times k = k \times n_1, \qquad (1)$$

де n_1 – синхронна кутова швидкість АД, обумовлена основною (першою) гармонікою, об/хв;

k – порядковий номер гармоніки;

p – кількість пар полюсів; $f_1 = 50$ Гц; $f_1 = k \cdot f_1$.

Виняток становлять третя гармоніка і кратні трьом, які створюють пульсуюче поле.

Напрям обертання магнітного поля, створеного ВГ струму, залежить від номера цієї гармоніки. П'ята і одинадцята ВГ магнітного потоку обертаються в сторону, протилежну напряму обертання основного магнітного поля (поля першої гармоніки). Сьома і тринадцята ВГ магнітного поля обертаються згідно з основним магнітним полем [2]. Такий режим роботи систем електропостачання загострює проблему електромагнітної сумісності технічних засобів бо спостерігається вібрація робочих механізмів при деяких режимах роботи електромеханічних перетворювачів – асинхронних двигунів (АД).

При роботі АД в умовах несиносоїдної напруги виникають додаткові втрати активної потужності, обумовлені ВГ струму в колах статора і ротора [3, 4]. Ці втрати можна визначити за формулою

$$\Delta P_{АДk} = \Delta P_{м.н} \times \sum_{i=2}^{k} k_{д.k} \approx 0{,}2 \times \Delta P_{ном} \times \sum_{i=2}^{k} k_{д.k}, \qquad (2)$$

де $\Delta P_{м.н}$ – номінальні втрати потужності в міді статора, Вт;

$\Delta P_{.ном}$– сумарні номінальні втрати АД, Вт;

$k_{д.k}$ – коефіцієнт, що враховує зростання втрат в міді за рахунок k–гармоніки.

Розрахунок додаткових втрат за формулою (2) від дії на АД 5, 7, 11 і 13 вищих гармонік показує, що $\Delta P_{АД} \approx 0{,}4 \cdot \Delta P_{.ном}$. Розподіл втрат в АД наступний: обмотка статора – 14 %, коло

ротора – 41 %, торцеві зони – 19 %, асиметричні пульсації – 26 %. З цих даних слідує, найбільш вразливою частиною є коло ротора, таким чином від ВГ більшою мірою перегрівається ротор.

Оскільки для ВГ АД знаходиться в режимі короткого замикання, приблизно можна прийняти, що ЕРС статора $E_k \approx 0{,}5\ U_k$ [3, 4]. Тоді, відносне значення магнітного потоку k–й гармоніки Φ_{km} в порівнянні з магнітним потоком основної гармоніки Φ_{km}, складе

$$\frac{\Phi_{km}}{\Phi_{1m}} \approx \frac{E_k \times f_1}{U_1 \times f_k} \approx 0{,}5 \times \left(\frac{U_k}{U_1}\right) \times \left(\frac{f_1}{f_k}\right). \quad (3)$$

Розрахунок додаткових втрат в колах статора і ротора по (2) і у сталі АД показує, що втрати невеликі. Наприклад втрати від 5-ї гармоніки складає 0,5 % від втрат 1-ї гармоніки, від 7-ї – 0,2%, від 11-ї – 0,1 %, хоча ці втрати сприяють підвищенню температури ізоляції обмоток АД [3]. Обертаючий і тормозний моменти від дії ВГ, що називають додатковими моментами у АД , за своєю природою, аналогічні основному електромагнітному моменту, лише пов’язані з взаємодією ВГ магнітного поля статора зі струмами, що індукуються ними в обмотках ротора.

Враховуючи, що гармонічні складові магнітного поля статора АД створюють асинхронні моменти, бо 5 ВГ обертається у зворотному напрямі, 7 ВГ обертається в напрямі обертання поля основної гармоніки, то результуючий асинхронний електромагнітний момент знаходиться як сума моментів 1-ї, 5-ї 7-ї гармонік та ін.

Асинхронні електромагнітні моменти від ВГ спотворюють криву основного електромагнітного моменту АД. Найбільше спотворення спостерігається в зоні малих швидкостей обертання АД, де додаткові асинхронні моменти, пов’язані з ВГ, максимальні [5, 6]. Реальну небезпеку ВГ викликають у випадку короткозамкненої обмотки ротора, оскільки опір стрижнів і ділянок кілець дуже малий., а струми ВГ значні, викликає вібрації ротора.

Наявність ВГ призводить до незатухаючих коливальних процесів як моменту на валу, так і частоти обертання ротора, а також вібрації АД. В залежності від значення визначеної гармоніки і при достатньо великому статичному моменті на валу може наступити стійкий момент роботи при великому ковзанні і малій частоті обертання в процесі пуску, що може призвести до перегріву АД.

Список використаних джерел

1. Попова І. О. Аналіз впливу вищих гармонійних складових на роботу електромеханічних перетворювачів. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем.* ІІІ Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам’яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2021. С. 34-35.

2. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 36 с.

3. Кононов Б. Т. Куравська Н.М. Вплив вищих гармонік на роботу дугостаторного асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором. *Системи управління, навігації та зв'язку*. 2016. Вип. 4(40). С. 21-23. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/suntz_2016_4._8 (дата звернення 01.02.2026).

4. Попова І. О., Попрядухін В. С. Параметри контролю несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів для розробки ефективного захисту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 9, т. 1(41).

5. Попова І. О., Курчанов А. А. Система компенсації реактивної потужності в сільських мережах як засіб скорочення витрат *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем.* ІІІ Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам’яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2021. С. 34-35.

6. Omar Sh. Al-Yozbaky Ye., Kadir Z. Influence of non-sinusoidal power supply on the performance of a single-phase capacitor induction motor. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science.* 2022. Vol. 25(3). P. 1246. https://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i3.pp.1246-1257

Науковий керівник: Попова І. О., к.т.н., доц.

УДК 621.121.61

СТІЙКІСТЬ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПРИ АВАРІЙНОМУ ЗНИЖЕННІ НАПРУГИ

Горлов О. О. здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м.Запоріжжя, Україна

Так як у сільських мережах бувають довготривалі або короткочасні відхилення напруги від номінального значення (частіше за все зниження напруги), то практичне значення має питання збереження статичної стійкості електропривода у подібних умовах.

При перевірці статичної стійкості електропривода при зниженій напрузі менше номінального значення ісходять із відомого у теорії електричних машин положення, що момент двигуна змінюється прямо пропорційно квадрату напруги на його затискачах, але це відбувається, коли робоча машина має момент опору, який не залежить від швидкості [1,2]. Основою аналіза стійкості є рівність рівнянь механічних характеристик двигуна і робочої машини в сталому режимі роботи при номінальній напрузі і при напрузі, яка відрізняється по величині від номінальної:

$$\frac{2M_к S_к S_н}{S_н^2 + S_к^2} * dU^2 = C(1 - S_н)^x \; ma \; \frac{2M_к S_к S'}{S_н^2 + S_к^2} * dU'^2 = C(1 - S')^x \qquad (1)$$

де δU' – напруга на затискачах двигуна в долях номінального;

С – постійний коефіцієнт;

Х – коефіцієнт, який показує степінь залежності моменту опору робочої машини від швидкості х = 0; 1; 2; -1;

$S_н$, $S_к$, S' – ковзання, відповідно при номінальній напрузі і навантаженні, критичному та при зміні напруги.

Після перетворення отримаємо:

$$\frac{S_н}{(1 - S_н)^x (S_к^2 + S_н^2)} = \frac{dU'^2 S}{(1 - S')^x (S_к^2 + S'^2)} = const \qquad (2)$$

За цим рівнянням (2) для дослідження стійкості можна використовувати шукану функцію S'=f(δU). По отриманій функції можна спостерігати за зміною швидкості δw= f(δU) [3].

Якщо момент опору не залежить від швидкості, тобто х=0, то нехтуючи у виразі (2) величинами $Sн^2$ та S'^2, у зв'язку малої величини в порівнянні з $Sк^2$, то отримаємо приблизну формулу:

$$Sн = \delta U'^2 S' \text{ або } \frac{S'}{S_н} \approx \frac{1}{dU'^2} \text{ або } S' = \frac{S_н}{dU'^2} \qquad (3)$$

Враховуючи те, що електромагнітний момент електричного двигуна пропорційний квадрату зміни напруги. Тобто можна приблизно вважати, що ковзання зміниться обратно пропорційно квадрату напруги.

Зміна швидкості електродвигуна з урахуванням (3), віднесена до номінальної, будемо мати вид:

$$dw = \frac{w_н - w'}{w_н} = \frac{w_o(1 - S_н) - w_o(1 - S')}{w_o(1 - S_н)} = \frac{S_н(1/dU^2 - 1)}{(1 - S_н)} \qquad (4)$$

Із формули (2) для різних значень хскладаємо рівняння:

при Х=0; $KS^2 - dU_к^2 + KS_к^2 = 0$ (5)

при Х=-1; $S^2(K + dU_к^2) - dU_к^2 S' + KS_к^2 = 0$ (6)

при X=2; $KS^4 - 2KS^3 + KS^2(1+S_k^2) - S(2KS_к^2 - dU_к^2) + KS_к^2 = 0$ (7)

при X=1; $KS^3 - KS^2 + S(dU_к^2 + KS_к^2) - KS_к^2 = 0$ (8)

Зниження кутової швидкості обертання електродвигуна визначається по формулі:

$$dw = \frac{w_н - w_{U1}}{w_н} = \frac{w_0(1 - S_н) - w_0(1 - S)}{w_0(1 - S_н)} = \frac{S - S_н}{(1 - S_н)} \quad (9)$$

Розглянуті умови роботи електропривода в усталеному режимі характеризують статичну стійкість привода, коли зміна в часі швидкості і моменту здійснюється відносно повільно до динамічної стійкості, яка має місце при всіх перехідних режимах.

Список використаних джерел

1. Електропривод у питаннях і відповідях: навч. посібник / М. Л. Лисиченко, П. І. Савченко, О. К. Тищенко, В. В. Гузенко В.В. Харків: ХНТУСГ; Факт, 2012. 500 с.

2. Корчемний М. О. та ін. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль.: Підручники і посібники, 2001. 90с.

3. Тищенко О. К., Савченко П. І. Електропривод. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Електропривод". Перший і другий цикли. Харків: ХНТУСГ, 2009. 186 с

Науковий керівник: Гузенко В. В., к.т.н., доц.

УДК 631.8.02

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Савченко В. М., к.т.н., доц.,
Давиденко А. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

У сучасних умовах різке збільшення урожайності сільськогосподарських культур має відбуватися при одночасному збереженні ґрунтового родючості та мінімізації негативного впливу на довкілля. Висока продуктивність рослинництва значною мірою залежить від правильних норм, строків і способів внесення мінеральних добрив. За даними світових досліджень, середнє засвоєння азоту рослинами часто не перевищує близько 50 % від внесеної кількості, що призводить до низької рентабельності та забруднення навколишнього середовища (вимивання нітратів, викиди аміаку й N_2O). Для підвищення ефективності використання добрив необхідно оптимізувати не лише їх дозу, а й спосіб внесення.

Поживні елементи надходять до рослин головним чином через кореневу систему, тому від розміщення добрив залежить їх доступність. За різних способів внесення простежуються принципові відмінності в розподілі гранул чи розчинених речовин у ґрунті та концентрації навколо коренів

Наведемо традиційну класифікацію способів внесення мінеральних добрив. Методи можна розділити за способами розподілу по площі та часу внесення. Нижче розглянуто основні з них:

Поверхневе розкидання (broadcasting). Добрива розкидають по поверхні поля вручну або механізовано. Переваги: висока продуктивність робіт і проста технологія. Недоліки – велика нерівномірність розподілу (втрати на 25–30 %) та втрати поживних речовин (випаровування аміаку, вимивання після опадів) . Особливо неефективне для легколужних фосфорних добрив (такі можуть фіксуватись у ґрунті при контакті з великим об'ємом ґрунту). При легких ґрунтах або в умовах низької механізації це є основним способом, проте на родючих або щільно

посіяних полях часто застосовують альтернативи.

Внесення з інкорпорацією. Після поверхневого розсіювання добрива заробляють у грунт плугом чи бороною. Це дещо знижує втрати на випаровування та підвищує контакт добрив із корінням, але додатково розпушений верхній шар ґрунту, підвищуючи ерозійні ризики. При заробці плугом 17–48 % N залишаються в шарі 0–5 см, 38–78 % – в шарі 0–10 см, тобто значна частина добрива залишається близько від поверхні.

Рядкове (припосівне) внесення. Добрива висіваються безпосередньо у посівні рядки або на відстані 5–10 см від насіння під час сівби. Поширений приклад – закладання азотних і фосфорних добрив у борозну разом з насінням кукурудзи та соняшнику. Цей метод забезпечує дуже високу концентрацію поживних елементів біля кореневої зони (створюється «центральна зона» поживних речовин), стимулює розвиток рослин на ранніх фазах та підвищує агрономічну ефективність. Закладання стартових добрив (5 см праворуч і під насінням) в середньому дало приріст врожаю 5,2 %. Переваги даного способу: швидке забезпечення молодих рослин NPK, особливо актуально при холодному старті; зменшення вимивання через глибше закладання NH_4^+. Недоліки: висока вартість обладнання, ризик пошкодження насіння сильними дозами.

Підживлення (topdressing, side-dressing). Добрива вносяться в період вегетації (після проростання). Підживлення може бути рядковим (міжрядне внесення, наприклад азоту в рядки кукурудзи на фазах 6–12 листків) або поверхневим (розкидання на поверхню ґрунту чи прикоренево). Ціль – покривання пікового попиту на поживні речовини (найчастіше N). Переваги даного способу: гнучкість за строками, можливість врахувати стан рослин (наприклад, на основі листкових тестів). Недоліки способу: часто збігається з вологим сезоном – ускладнений доступ техніки, можливі втрати від опадів та вітру (особливо під час поверхневого підживлення).

Позакореневе (фоліарне) внесення. Розчин добрив (зазвичай N або мікроелементи) наносять безпосередньо на листя рослин за допомогою обприскувача. Швидко засвоюється (до 80–90 % вноситься у рослину протягом годин) і дозволяє корегувати дефіцити на конкретних стадіях. Однак для ґрунтових макроелементів цей метод ефективний лише частково: лише 30 % азоту із позакореневих підживлень засвоюється рослинами. При цьому існує ризик опіків листя (надто концентрованих розчинів) та високі затрати на роботу техніки. Фоліарне внесення доцільне для легкорозчинних форм мікроелементів (Fe, Zn, B тощо) і у стресові періоди, але не може замінити основне живлення ґрунту повноцінними дозами NPK.

Фертигація. Добрива вносять з орошувальною водою через систему дощування або крапельного поливу. Основна перевага – можливість рівномірного та періодичного живлення протягом усього періоду вегетації, що особливо важливо для посухостійких культур у посушливих регіонах. Фертигація зазвичай забезпечує дуже високу ефективність використання добрив (в одному з джерел – до 80–90 %, що на 25 % більше порівняно з базовою схемою), дозволяє економити воду і зменшує викиди N (добрива подаються точно під потребу рослини). Серед недоліків – необхідність складної інфраструктури (насоси, інжектори, лінії зрошення), ризик нерівномірного внесення (якщо тиск нестабільний чи система пошкоджена). Крім того, через єдність води й добрив важко локалізувати внесення у вигляді вузьких смуг. Найчастіше фертигацію застосовують у овочівництві, плодових садах та виноградниках.

Глибоке (інтрагрунтове) внесення. Добрива укладають у ґрунт на глибину 10–20 см спеціальними сошниками або дисками безпосередньо під коріння. Цей метод особливо добре зарекомендував себе в системах прямого посіву рису, глибоке внесення азоту при 10–15 см дало приріст урожаю +12–19 % порівняно з поверхневим розкиданням. Аналогічно і по кукурудзі глибина внесення 15 см знижує окислювальний стрес і підвищувала фотосинтез на початку наливу зерна, що збільшувало вагу зерна. Глибоке внесення гарантує близькість добрив до основної кореневої маси, знижує втрати аміаку та мінімізує вимивання нітратів. Головний недолік – висока вартість обладнання та більша енерговитратність на операцію.

Контрольоване звільнення поживних речовин. Полімерами чи іншими покриттями модифікують гранули азоту та інших елементів, щоб вони повільно розчинялися відповідно

до потреб рослини. Це належить до «добрив підвищеної ефективності». Використання таких добрив дозволяє суттєво розтягнути фазу надходження N і зменшити пік викидів N_2O та аміаку. Наприклад, довгостроково модифікований карбамід (з вмістом інгібітора DCD) знижує кумулятивні викиди N_2O на 17–29 % та збільшив урожай салату на 6 % порівняно із звичайним карбамідом. Недоліки – вища собівартість добрива і обмежена норма одноразового внесення (щоб уникнути затримки росту на початку).

Змінні норми та прецизійні методи (VRA). Цей підхід не є окремим способом внесення фізично, а використовує технології картографування поля і GPS-контроль агрегатів, щоб змінювати норми добрив у різних зонах поля. Практика показує, що точне забезпечення доз за інтенсивністю родючості дозволяє знизити загальний обсяг добрив без втрати врожайності. Змінні норми N можуть забезпечувати приріст урожаю та одночасно знижувати викиди N_2O. Однак і цей метод потребує дорогого обладнання і високої кваліфікації оператора.

Вартість різних способів відрізняється залежно від потрібних агрегатів і затрат праці. Наприклад, розкидачі добрив прості й дешеві у придбанні, потребують мінімум операцій (завантажити і розкидати), тому витрати на внесення невеликі. Натомість обладнання для глибокого внесення та пристрої для фертигації – високовартісні, вимагають систематичного технічного обслуговування та кваліфікованих операторів. З іншого боку, більш ефективне внесення (рядкове, глибоке) часто дозволяє зекономити добрива, що може компенсувати витрати на техніку. Отже, економічна доцільність методу залежить від співвідношення зекономлених добрив до витрат на обладнання та роботу.

Кожен метод має власний набір ризиків забруднення довкілля. Поверхневе розкидання найбільш схильне до втрат азоту, аміакова частина карбаміду може швидко випаровуватися з ґрунту, а нітрати – вимиватися у ґрунтові води. Ще одна проблема – сповільнене розчинення фосфатних гранул на поверхні, що може призвести до фіксації фосфору у важких ґрунтах. Внесення в ґрунт знижують ці втрати, оскільки внесені під корінь добрива залишаються ближче до рослин, тому конверсія NH_4^+ до NO_3^- і вимивання відбуваються повільніше. В той же час надмірне концентрування солей може локально підвищувати токсичність, але правильне розведення і заорювання пом’якшують цей ефект.

Фертигація зменшує ризик стоку і зростання концентрації добрив у водоймах, оскільки внесення припадає на потребу культури, однак потребує ретельного проєктування, лскільки прогалина в системі подачі або зрив водного режиму може призвести до нерівномірного внесення та забруднення (особливо якщо доводиться застосовувати крапельний зрошувач на картах з неоднорідним полем). Для зменшення випаровування аміаку рекомендується швидка заробка поверхневого карбаміду в ґрунт або застосування інгібіторів уреази (NBPT). Для зменшення вимивання нітратів – розділення дози на кілька фаз та/або використання міжрядного внесення, особливо перед дощем. Загальні екологічні заходи передбачають: точний розрахунок норми відповідно до культури й ґрунту, використання органічних добавок для кращого утримання вологи та поживних речовин, впровадження технологій обробітку ґрунту, що запобігають ерозії.

Проведений аналіз показує, що метод внесення добрив є критичним фактором підвищення ефективності агровиробництва. Локалізовані способи (рядкові, глибинні) загалом забезпечують кращу засвоюваність і вищі врожаї порівняно з традиційним розкиданням. З іншого боку, кожен метод має власні обмеження: економічні, технічні або екологічні, які необхідно зважувати при виборі. Зростаюча популярність прецизійних технологій (контрольоване і змінне внесення) обіцяє додаткові виграші в ефективності, проте наразі їхній вплив на практику в Україні вимагає подальшої оцінки.

У підсумку, для підвищення стійкості рослинництва в Україні слід переходити від умовно єдиного стандартного розкидання добрив до диференційованих схем. Максимальний ефект приносить комбінування локального внесення (для концентрованого старту) з системами крокового підживлення (для підтримки росту) і використанням сучасних добрив з повільним звільненням, підтримуючи належні строки внесення й механізації.

УДК 631.356:635.21

СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ГАЛУЗІ КАРТОПЛЯРСТВА В УКРАЇНІ

Дерев'янко Д. А., д.т.н., проф.,
Давиденко А. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Семенчук Д. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Картопля в Україні – одна з найважливіших продовольчих культур (в 2022 році світове виробництво становило 375 млн. т., в тому числі в Україні – 20,9 млн. т., 3-тє місце у світі). Однак у насіннєво-продовольчому виробництві механізація залишається низькою. Переважна більшість 95–98%) валового збору припадає на присадибні та фермерські господарства, які майже повністю використовують ручну працю. Агропідприємства в Україні обробляють лише незначну частку площ (наприклад в 2023 р. – 14,9 тис. га, та 422 тис. т врожаю) і мають змогу застосовувати техніку. Збирання картоплі енерго- і трудомісткий етап (до 50–60% енерговитрат та 60–70% трудових затрат технології). Серед ключових машин – саджалки, копачі (роторні, грохотні) та картоплезбиральні комбайни (2–4-рядні, причіпні та самохідні). Іноземні виробники (Grimme, Holmer, Dewulf та ін.) пропонують високопродуктивні сучасні комбайни з комп'ютерним контролем, тоді як вітчизняна техніка (Борекс, КТН-2В, КСТ-1,4 тощо) має нижчу продуктивність і нерідко вимагає доповнення ручним відбором бульб. Ринок техніки в Україні формується за рахунок імпорту (хоча в 2023 р. імпорт тракторів упав на 5,6%, комбайнів – на 26%) та зростання вітчизняного виробництва (програма «Зроблено в Україні» компенсує 25% вартості локалізованої техніки). Основними бар'єрами є висока капіталомісткість (посівний комплекс вартує €200 тис., трактор €150 тис., комбайн до €750 тис., сортувальна лінія €30–40 тис.) й інфраструктурні витрати (овочесховище 1000 т ≈10 млн грн), а також кадрові та ментальні чинники.

Середня врожайність картоплі в країні нині близько 16,5 т/га. Набагато вища вона на підприємствах, що впроваджують сучасні технології (приклад: ФГ «Случ» (Рівненська обл.) у 2024 р. одержувало по 40 т/га). Головні регіони вирощування картоплі в Україні – західні (Рівненщина, Волинь, Львівщина) та південь (Херсонщина, Одещина). Значна частина виробленої картоплі залишається у внутрішньому споживанні, обсяги експорту (переважно бульб, не насіннєвого матеріалу) незначні. Імпорт насіннєвої картоплі невеликий (до 100–200 тис. т на рік), але в періоди неврожаю імпорт продовольчої картоплі зростав (наприклад, у 2025 р. Україна імпортувала 123 тис. т картоплі – в 5,1 рази більше, ніж 2024 р.).

У великих агропідприємствах переважно застосовують машинні технології на всіх етапах вирощування. Обробка ґрунту зазвичай здійснюється сучасними ґрунтообробними агрегатами; садіння картоплі на полях 100–200 га виконується тракторними посадковими комплексами (саджалками) 2–4-х рядної конструкції. Наприклад, на малих площах використовують однорядні навісні саджалки (типу «Борекс-КНК-2Т», «BORREX»), на більших – чотирирядні причіпні. Повністю механізоване збирання – прерогатива великоформатних господарств, вони закуповують картоплезбиральні комбайни (2–4 рядні) іноземного виробництва. Наприклад, у 2025 р. найбільший в Україні виробник картоплі «Continental Farmers Group» придбав перший в Україні 4-рядний самохідний картоплезбиральний комбайн потужністю 460 к.с.. Проте такі дорогі машини ($200–250 тис. і вище) є лише в обмеженої кількості господарств. Дрібні фермери здебільшого збирають бульби вручну або за допомогою простих копачів (КТН-2В, КСТ-1,4), які викопують бульби на поверхню для подальшого ручного підбирання.

Сортування й післязбиральна обробка в переважній більшості господарств здійснюються вручну або на примітивних сортувальних пунктах (траспортерами, просіювачами). Невеликі овочесховища обладнані механічними скребковими конвеєрами (ТЗК-30А тощо) та сортувальними лініями вітчизняного виробництва (КСП-15В, КСП-25), які дозволяють

автоматизувати гравітаційне розсортування бульб за калібром. Лише кілька великих підприємств мають імпортні сортувальні лінії з камерним аналізом і калібруванням.

Національний ринок техніки для картоплярства формують як імпортери (Holmer, Grimme, Dewulf, Imants, ROPA тощо), так і вітчизняні машинобудівники. Серед українських виробників слід відмітити ВАТ «Борекс» (Бородянка), що випускає навісні і причіпні копачі та комбайни (КЗК-2), розроблені для умов невеликих господарств. У 2023–2025 рр. помітно зростала частка кредитування й лізингу с.-г. техніки (за програмою «Украгролізинг»), а також державна підтримка. Наприклад, з грудня 2024 р. реалізується програма 25%-ї компенсації вартості української агротехніки («Зроблено в Україні») і впродовж 2025 р. агровиробники придбали за нею понад 8,4 тис. одиниць техніки (зареєстровано 34 уповноважені банки, 166 локалізованих моделей). Основними каналами імпорту залишаються західні виробники (Німеччина, Бельгія, Італія), які забезпечують надійність і високу якість техніки. Сервісного обслуговування картоплярської техніки поки що не вистачає – особливо для великих імпортних комбайнів, для яких необхідні вузькоспеціалізовані ремонтні центри і оператори з кваліфікацією.

Ключові вузли технології механізованого виробництва картоплі це якісна обробка ґрунту (дискові і зчіпні агрегати), садіння (саджалки), вирівнювання міжрядь (фрези, культиватори), обробіток бадилля (мульчування, хімобробка), збирання і сортування (копачі й комбайни, сортувальні лінії, сховища).

Сучасні системи садіння (насіння в ґрунт) бувають однорядними і багаторядними. В Україні поширені комбіновані навісні саджалки типу Борекс КСН-2Т-70 (дворядні, з дозаторами і внесенням добрив) та менші однорядні агрегати (типу Борекс-КГ-1 з грохотом). Іноземні конструкції (Monosem, Kockerling, Bineuse) з гідравлічним приводом забезпечують точне дозування бульб та гербіцидів. Часто саджанку доповнюють ширшими міжрядними боронами та рами-чистиками для вирівнювання зони посадки.

Сучасне обладнання для збирання картоплі може бути причіпним або самохідним. Практика показує, що дрібні господарства обмежуються копачами (роторними чи грохотними) типу КТН-2В та КСТ-1,4, які зменшують трудомісткість операції, але все рівно вимагають додаткового підбирання. Комбайни КПК-2 та КПК-3 (Дво- і трирядні) широко використовувалися у минулому для «потокового» збирання, але зараз їх поступово замінюють більш досконалі західні зразки. Наприклад, німецькі Holmer (Terra Variant, Terra Felis) і бельгійські Dewulf виробляють високопродуктивні самохідні картоплезбиральні комбайни з електронним контролем процесу (догружають бульби у власні баки без участі трактора). Такі комбайни дозволяють значно скоротити період збирання та зменшити втрати врожаю. Українські виробники (Борекс) також пропонують копризначні комбайни (напр. КЗК-2 – дворядний причіпний), але їх продуктивність (0,25–0,5 га/год з трактором класу 1,4) значно нижча.

Після збирання бульби направляють на сортування та зберігання. У невеликих сховищах застосовують механічні стрічкові конвеєри (ТЗК-30А) і гравітаційні грохоти (КСП-15, КСП-25) для відділення ґрунту і калібрування. Великі підприємства закуповують модерні овочесховища з системами охолодження та вентиляції (підтримка температури 3–5 °С, вологість 90–95%). Для насіннєвої картоплі іноді використовують камери або холодильники, що дозволяють краще контролювати процеси розвитку бруньок. Розвиток післязбиральної інфраструктури є критичним, згідно з оцінками експертів, зберігання на 1000 т картоплі коштує близько 10 млн грн, а дрібні виробники не можуть дозволити собі такі інвестиції. Водночас держава вже розпочала програми створення картопле-зберігання. З 2023 р. запущено кілька пілотних проектів агроіндустріальних парків з будівництва хабів зберігання овочів.

Новітні технології розпочинають входити у картоплярство. Деякі господарства використовують GPS-керування агрегатів (тракторів та комбайнів) для підвищення точності проходів. Автоматичні системи моніторингу (датчики вологості ґрунту, мультиспектральні камери на дронах) дають змогу планувати полив і внесення добрив для конкретного поля. На етапі передпосадкової підготовки популярні пристрої для калібрування насіннєвого матеріалу

(вібраційні ситові сортувальники). При збиранні розроблено машинні елементи з активними лемешами і шнековими сепараторами, що знижують кількість бруду й пошкоджень, та системи відеоконтролю потоків бульб (системи аналізу якості у реальному часі). Однак широкої адаптації інтелектуальних систем (штучний інтелект, автономні роботи) ще не відбулося – ця галузь все ще «відстає» у порівнянні з зерновою за рівнем інновацій.

Український ринок с.-г. техніки для картоплярства характеризується поєднанням імпорту та вітчизняного виробництва. Основними імпортерами та дистриб'юторами спеціалізованої техніки є представники Grimme (Німеччина), Dewulf (Бельгія), Holmer (Німеччина), ROPA (Німеччина), Euro-Tiger (Німеччина) тощо. Імпортні агрегати відзначаються надійністю і високою продуктивністю, але й високою ціною. З боку локального виробництва найвідоміші заводи «Борекс» (Київщина), «УкрТехМаш» (Чернігів), «Харківський тракторний» та кілька малих приватних цехів (Луцький агромашзавод, Львівська агромашина). Крім того, близько 40 вітчизняних підприємств зареєстровано як учасники програми «Зроблено в Україні»

Попит на техніку стимулюють державні програми. У рамках компенсації 25% вартості вітчизняних агрегатів сільськогосподарські виробники за 2025 рік подали 401 заявку на 771 одиницю техніки. Серед придбаних – насіннєві саджалки, ґрунтообробні комплекси, комбайни, елементи елеваторного устаткування (38 українських машинобудівних підприємств).

Галузь картоплярства в Україні демонструє високі показники валового виробництва, але незадовільний рівень механізації. Без докорінних змін у фінансовій, освітній та інфраструктурній політиці значне покращення ефективності залишатиметься утопічним.

УДК 631.22:631.171](477)

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ МЕХАНІЗАЦІЇ ТВАРИННИЦТВА В УКРАЇНІ

Грудовий Р. С., к.т.н., доц.,
Король Д. Р., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Литвиненко В. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Семчук Д. Л., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Тваринництво традиційно є важливим сектором аграрного виробництва України. Проте в останні роки спостерігається спад поголів'я та зниження продуктивності галузі через низку проблем: низьку продуктивність поголів'я, високу собівартість, проблеми інфраструктури та кадрові дефіцити. Одним із шляхів підвищення ефективності є інтенсивна механізація й цифровізація технологічних процесів. Роботизація та автоматизація операцій (доїння, годівля, клімат-контроль, облік і моніторинг) може підвищити продуктивність та скоротити витрати праці. Механізовані рішення також сприяють зменшенню навантаження на довкілля (наприклад, ефективні системи утилізації гною).

Зусилля держави спрямовані на відновлення і модернізацію тваринницького комплексу. Ухвалено Державну програму розвитку тваринництва до 2033 року, запроваджено фінансові стимули (відшкодування 25% капіталовкладень у будівництво/реконструкцію ферм і доїльних залів). Водночас впровадження нових технологій стримують висока вартість обладнання.

Українські молочні ферми значною мірою застарілі технологічно. Більшість (особливо дрібних і середніх) господарств використовують застарілі схеми годівлі і доїння, тоді як великі інтегровані холдинги поступово застосовують сучасні системи. Однак широке впровадження роботів ускладнюється їхньою високою вартістю і потребою в реконструкції господарства. За

оцінками, для середніх надоїв 4 тис. кг/рік окупність одного робота може становити 17 років, тоді як при надоях 10 тис. кг/рік – близько 3,8 року. Питома вага скотарства знижена через довготривалу окупність і відтік в спеціалізовані тваринницькі напрямки. Технології вирощування м'ясного ВРХ здебільшого не включають високого ступеня автоматизації.

Галузь свинарства зазнала збитків від африканської чуми, але великі підприємства відновлюють виробництво з впровадженням сучасних технологій (комп'ютеризоване годування, клімат-контроль). За експертними оцінками, ключовим фактором проблем є висока собівартість, спричинена використанням застарілих технологій. Сучасна механізація свинокомплексів включає дозувальні системи корму, сенсорне відстеження температури і вологості у приміщеннях, автоматичне прибирання відходів. Великі племінні заводи застосовують конвеєрні годівниці та напувалки.

У птахівництві впровадження автоматизації найбільш розвинене. Високі показники інтенсивності виробництва забезпечуються за рахунок клімат-контролю, автоматизованого роздавання кормів, конвеєрних систем інкубації та сортування яєць. Імпортозалежність від племінних ресурсів сягає до 90% у м'ясному та яєчному напрямках. Наприкінці 2025 р. часті відключення енергоживлення (через війну) негативно вплинули на процеси вирощування птиці.

Вівчарство та козівництво. в Україні менші за масштабом і менш механізовані. Використовують переважно базові механізми (обігрів приміщень, обмежені автоматичні годівниці, силоси).

Серед перспективних напрямків механізації тваринництва в Україні варто виділити:

Доїльні роботи (milking robots) – автономні агрегати, що самостійно здійснюють доїння і видачі корму корові за RFID-ідентифікацією. В Україні їх впровадження було експериментально освоєно від 2015 р. (перші ферми «Ерідон» і DeLaval).

Автоматизовані системи годування – бункери-змішувачі, шнекові дозатори корму та мобільні конвеєрні роздавачі. Вони забезпечують точне дозування раціонів і економлять час працівників. Сучасні технології дозволяють інтегрувати GPS-навігацію і планування маршрутів кормороздавачів. Високий рівень автоматизації годівлі (роздатчики рухаються автономно уздовж годівниць) підвищує добові надої на 5–10% при збереженні витрат корму.

Клімат-контроль – сучасні вентиляційні та охолоджувальні системи з датчиками температури, вологості та CO_2. Автоматика регулює мікроклімат у приміщеннях, що зменшує стрес тварин і покращує їх здоров'я (а отже, продуктивність). Наприклад, у ВРХ-виробництві енергозберігаючі вентилятори та тунельні охолоджувачі підтримують оптимальні умови навіть при спеці. Такі системи стали практично стандартними на сучасних комплексах в ЄС і поступово розповсюджуються в Україні.

Управління відходами – механізовані установки для вивезення та переробки відходів: шнеки, гідрофіксатори, сепаратори гною, біогазові установки, компостери. Ці системи зменшують викиди метану й інших парникових газів від гнійових мас, покращують екологічні показники виробництва та родючість ґрунтів.

Сенсори та Internet of Things – датчики активності, температури й місцеперебування тварин, інфрачервоні камери. Сучасні системи (Wearables) вивчають поведінку корів, дозволяючи виявляти охоту чи захворювання завдяки змінам активності. ШІ-алгоритми аналізують отримані дані у реальному часі, сповіщаючи ветеринарів про нетипові показники. Наприклад, вушні бирки компанії CowManager (Нідерланди) одночасно вимірюють активність, час споживання корму, температуру і румінацію. Це підвищує ефективність управління стадом (раннє виявлення хворих тварин, оптимізація запусків овець/корів, точне визначення часів осіменіння). Зокрема, дослідження показують широке застосування акселерометрів і термометрів на тваринах для контролю стану і виявлення відхилень.

Робототехніка та безпілотники – на сучасних фермах використовують роботів-прибиральників і дезінфекторів, роботизовані візки для збору яєць та кліток у птахівництві. Дрони переважно застосовують у великотоварних господарствах для моніторингу пасовищ (лічильники поголів'я, стан пасовища). Хоча розвиток дронів у тваринництві в Україні тільки

починається, світові тренди (точне відстеження та моніторинг) ясно демонструють їх потенціал.

Механізація тваринництва в Україні перебуває в стадії переходу до інтенсивної модернізації. Використання роботів та цифрових технологій може знизити собівартість продукції та підвищити її якість, а також зробити сільськогосподарську працю менш ресурсоємкою. Однак для масового поширення цих рішень необхідні комплексні заходи: державна підтримка (субсидії, пільгові кредити, нормативи), розвиток інфраструктури (енергозабезпечення, зв'язок, сервісне обслуговування) та підготовка кадрів. Успіх реалізації «розумного» тваринництва вимагатиме тісної співпраці науки, бізнесу та держави.

УДК 338.236

СУЧАСНІ ПІДХОДИ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ АПК

Стариченко А., здобувач СВО «Магістр»
Трач Д., здобувач СВО «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Внаслідок повномасштабної війни збитки в аграрному секторі України вже сягнули понад 10 мільярдів доларів, що становить майже 20% капіталу держави. Найбільшу частину втрат фіксують через знищення чи пошкодження сільськогосподарських угідь, техніки та відсутність збору врожаю. Нині чітко визначити суму збитків аграрного сектору внаслідок бойових дій неможливо через їх продовження.

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

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

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

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

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

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

Проведені дослідження свідчать про необхідність і доцільність розробки цілого комплексу заходів, як по проведенню ремонтних робіт, так і по підтримці парку машин в працездатному стані, планування яких потребує чітко влагодженої інформаційної системи. Основними функціями системи технічного сервісу підприємств АПК в сучасних умовах є: вивчення потреби і платоспроможного попиту сільських товаровиробників на машини і послуги; збір інформації про техніку, що випускається (маркетинг); постачання машин і механізмів (дилерські мережі); монтаж і налагодження реалізованої техніки; виконання ТО і Р техніки, підтримка її в працездатному стані протягом всього терміну експлуатації; забезпечення ремонтно-технологічним устаткуванням, запасними частинами, обмінними агрегатами і матеріалами; забезпечення споживачів нормативно-технічною документацією; інформаційно-консультаційне забезпечення споживача з питань експлуатації машин; навчання персоналу експлуатаційників і ремонтників.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Список використаних джерел

1. Болтянський Б. В., Скляр Р. В. Модель функціювання бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь. ТДАТУ. 2022. Вип. 12, т. 3. №12. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2022-1-12

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

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

4. Kapłan M., Klimek K., Maj G., Zhuravel D., Bondar A., Lemeshchenko-Lagoda V., Boltianskyi B. [et al.]. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies.* 2022. Vol. 15. P. 1-29. https://doi.org/10.3390/en15093416

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

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

Науковий керівник: Болтянський Б. В., к.т.н., доц.

УДК 338.436.33:001.895:636.085

ІННОВАЦІЙНА СКЛАДОВА ЗРОСТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОРМОВИРОБНИЦТВА В УКРАЇНІ

Міненко С. В.[1], к.т.н., доц.,
Пеценко А. В.[2], викладач,
Степовий А. В.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Ярошовець Д. С.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Кормовиробництво є базовою складовою функціонування тваринницької галузі, а отже – продовольчої безпеки та експортного потенціалу аграрного сектору. Ефективність виробництва молока, м'яса, яєць і продукції птахівництва прямо залежить від якості, структури та собівартості кормової бази, яка формується за рахунок пасовищ, сінокосів, посівів кормових культур і продукції комбікормової промисловості.

Повномасштабна агресія проти України призвела до значних руйнувань аграрної інфраструктури, мінування полів, втрати частини орних земель, порушення логістики та зростання витрат на ресурси, що негативно позначилося й на кормовиробництві. Водночас воєнні умови прискорили потребу в інноваціях, оскільки традиційні екстенсивні моделі розвитку, засновані на нарощуванні площ і витрат, стають економічно й ресурсно неприйнятними.

За таких умов інноваційна складова зростання ефективності кормовиробництва набуває визначального значення. Йдеться не лише про запровадження нових машин і технологій, а й про цифрову трансформацію процесів, застосування біотехнологій, екологізацію виробництва, використання альтернативних джерел білка та інтеграцію українського агросектору в глобальні інноваційні ланцюги.

Інноваційний розвиток кормовиробництва доцільно розглядати в контексті загальних положень теорії інновацій, згідно з якою джерелом зростання ефективності є впровадження нових продуктів, процесів, організаційних і маркетингових рішень. Для кормовиробництва це означає модернізацію технологій вирощування кормових культур, заготівлі, переробки, зберігання та використання кормів, а також впровадження сучасних підходів до годівлі тварин.

У дослідженнях вітчизняних науковців кормовиробництво визначається як синергетична галузь сільського господарства, що інтегрує результати розвитку рослинництва, тваринництва, технічних і цифрових технологій. Вказується, що подальший розвиток можливий лише за умови системного впровадження інновацій, передусім цифрових. Це відповідає сучасним глобальним трендам «розумного» сільського господарства (smart farming) та точного землеробства.

Інновації в кормовиробництві доцільно класифікувати за такими основними групами:

- технологічні (нові способи обробітку ґрунту, посіву, догляду, заготівлі, сушіння, подрібнення, гранулювання, екструдування);
- технічні (нові машини, агрегати, мехатронні та роботизовані комплекси для заготівлі та переробки кормів);
- цифрові (системи моніторингу посівів і пасовищ, тварин, сенсорні системи контролю годівлі, цифрові платформи управління фермою);
- організаційно-економічні (нові форми кооперації, кластери, моделі сервісного обслуговування техніки, механізми фінансування інновацій);
- екологічні та біотехнологічні (технології виробництва екологічно безпечних кормів, біодобавки, альтернативні джерела протеїну).

В країні функціонує понад 500 комбікормових заводів загальною потужністю близько

21,6 млн т на рік. Водночас фактичний обсяг виробництва комбікормів значно нижчий через нестачу сировини, зокрема кукурудзи, ячменю, високобілкових компонентів (шротів олійних культур, зернобобових), а також через застарілі технології й низьку завантаженість потужностей.

Структура комбікормів залишається далекою від оптимальної: бракує високобілкових інгредієнтів, що стримує зростання продуктивності тварин і погіршує конверсію корму. Науковці акцентують на необхідності підвищення частки зернобобових культур до 10–12 %, шротів олійних культур – до 15 %, оптимізації співвідношення кукурудзи, ячменю та пшениці у раціонах.

Додатковим викликом є низький рівень автоматизації та цифровізації багатьох комбікормових виробництв, значний знос обладнання, високі витрати енергоресурсів, втрати поживних речовин у процесі заготівлі, сушіння та зберігання кормів. Зокрема, значна частка кормового зерна й далі використовується у вигляді дерті, що не забезпечує належної біологічної повноцінності раціонів, збільшує витрати кормів на одиницю продукції й собівартість тваринницької продукції.

Військові дії, порушення логістичних ланцюгів, зростання вартості пального, добрив і засобів захисту рослин посилюють ресурсний тиск на товаровиробників. Тому інноваційні рішення, спрямовані на економію ресурсів, підвищення точності технологічних операцій і мінімізацію втрат кормів, стають ключовим фактором виживання та розвитку галузі.

Сучасні дослідження підкреслюють, що динамічний розвиток кормовиробництва можливий лише за широкого впровадження цифрових інновацій. До таких інструментів відносять цифровий моніторинг пасовищ, моніторинг стану тварин, цифрове землеробство, системи «розумної» годівлі, використання 3D-друку, Інтернету речей (IoT) і штучного інтелекту для управління технологічними процесами.

Цифровий моніторинг пасовищ і посівів кормових культур на основі супутникових даних, безпілотних літальних апаратів та наземних сенсорів дає змогу оцінювати біомасу, вологозабезпечення, рівень ушкодження посівів, своєчасно реагувати на стресові фактори (посуху, шкідників, хвороби), оптимізувати норми добрив і засобів захисту рослин. Це зменшує витрати на гектар, підвищує врожайність і якість кормової маси.

Моніторинг тварин (датчики на нашийниках, системи RFID, відеоаналітика) дозволяє оцінювати активність, споживання корму, стан здоров’я, виявляти відхилення в поведінці та оперативно коригувати раціони і режими годівлі. Поєднання цих даних із параметрами технологічного процесу (склад кормосумішей, режим роботи змішувачів-роздавачів, мікроклімат у тваринницьких приміщеннях) створює передумови для впровадження систем «розумної» годівлі, які забезпечують індивідуалізацію раціонів та оптимізацію коефіцієнта конверсії корму.

Важливою інноваційною складовою зростання ефективності є модернізація технологічних ліній і впровадження мехатронних комплексів для виробництва комбікормів. У сучасних наукових роботах описано розробку мехатронних систем, що забезпечують автоматизоване дозування сировини, подрібнення, змішування, гранулювання та введення біологічно активних добавок у технологічний процес виробництва комбікорму, зокрема на основі кукурудзяних початків.

Такі комплекси дозволяють:

- знизити частку ручної праці та людських помилок у дозуванні компонентів;
- підвищити рівномірність розподілу інгредієнтів у кормосуміші та гранулах;
- оптимізувати енергоспоживання за рахунок автоматичного регулювання режимів роботи обладнання;
- забезпечити віддалений моніторинг і діагностику технічного стану вузлів за допомогою датчиків і контролерів.

Окремий напрям інновацій пов’язаний із використанням високоефективних зв’язувальних агентів і добавок для поліпшення фізико-механічних властивостей гранульованих кормів. Компанії, що працюють на українському ринку, пропонують, зокрема,

лігносульфонатні скріплювачі (наприклад, LignoBond DD), які підвищують міцність гранул, зменшують запиленість і запобігають розшаруванню корму. Завдяки цьому зменшуються втрати корму при транспортуванні та годівлі, покращується поїдання кормосумішей тваринами.

Модернізація обладнання для подрібнення, змішування, кондиціонування й гранулювання створює технічну основу для глибшої переробки вітчизняної сировини (зернових, зернобобових, побічних продуктів переробної промисловості), скорочення залежності від імпортних кормових компонентів і підвищення доданої вартості, що залишається в аграрному секторі.

У контексті глобальної екологізації сільського господарства актуальними є інноваційні технології виробництва екологічно безпечних кормів. Освітні та науково-популярні матеріали, присвячені цій тематиці, акцентують на необхідності мінімізації залишків пестицидів, важких металів, мікотоксинів у кормах, дотриманні вимог до чистоти сировини і сертифікації за міжнародними стандартами безпечності харчових продуктів.

Суттєву роль відіграють біологічно активні добавки – ферменти, пробіотики, пребіотики, органічні кислоти, фітогенні речовини, які підвищують засвоюваність поживних речовин, стабілізують мікрофлору травного тракту, зменшують потребу у профілактичному використанні антибіотиків. У методичних матеріалах для аграрних спеціальностей підкреслюється, що використання сучасних комбікормів із високою енергетичною цінністю та інноваційними добавками дає змогу підвищити продуктивність тварин, одночасно знижуючи витрати кормів та покращуючи якість продукції.

Окремий блок біотехнологічних інновацій пов’язаний з альтернативними джерелами протеїну для кормів. У світі активно розвиваються технології виробництва кормів на основі білка з комах, зокрема личинок чорної львиної мухи (black soldier fly). Компанії на кшталт InnovaFeed та Protix формують ринок інгредієнтів для кормів з комах (протеїнові, ліпідні та комбіновані продукти), орієнтованих як на аквакультуру й птахівництво, так і на корми для домашніх тварин. Такі інгредієнти відзначаються високою поживною цінністю, гіпоалергенністю та меншим екологічним слідом порівняно з традиційними джерелами білка.

Для України використання білка з комах і продуктів глибокої переробки сільськогосподарської сировини та відходів (жом, меляса, висівки, макуха, жмих, побічні продукти переробки овочів та фруктів) є перспективним шляхом диверсифікації сировинної бази кормовиробництва, підвищення його стійкості та екологічності.

Інноваційна складова ефективності кормовиробництва формується не лише на етапі переробки, а й на етапах вирощування кормових культур та селекції. У працях вітчизняних учених і методичних матеріалах для аграрних спеціальностей наголошується на важливості впровадження високопродуктивних і адаптивних сортів та гібридів кукурудзи на силос, багаторічних трав, люцерни, конюшини, соргових культур, ріпаку, зернобобових, стійких до посухи, хвороб і шкідників.

Управління живленням кормових культур на основі точного землеробства (диференційоване внесення добрив, корекція доз за результатами агрохімічного та дистанційного моніторингу стану посівів) сприяє підвищенню врожайності та зменшенню негативного впливу на довкілля. Сучасні системи внесення добрив з електронним керуванням та GPS-навігацією дозволяють враховувати просторову неоднорідність ґрунтового покриву, індивідуалізувати технологію під конкретні поля.

Селекційні інновації у тваринництві (генетичне поліпшення порід за показниками продуктивності, конверсії корму, стійкості до захворювань) безпосередньо пов’язані з вимогами до якості кормів. У методичних матеріалах із годівлі тварин підкреслюється, що поєднання селекційних досягнень із удосконаленням кормових технологій дає змогу досягати вищих економічних результатів за рахунок підвищення продуктивності без пропорційного зростання витрат на корми.

Кормовиробництво в Україні перебуває на етапі глибоких трансформацій, зумовлених поєднанням воєнних, економічних і екологічних викликів. Наявні проблеми – дефіцит

високобілкових компонентів у структурі комбікормів, застаріла техніко-технологічна база, високі ресурсоємність і втрати при заготівлі та переробці кормів – не можуть бути розв'язані виключно традиційними підходами й потребують інноваційних рішень.

Інноваційна складова зростання ефективності кормовиробництва включає цифрові інструменти (моніторинг посівів і пасовищ, моніторинг тварин, «розумну» годівлю, системи IoT та ШІ), мехатронні комплекси й автоматизовані лінії виробництва комбікормів, впровадження сучасних кормових добавок і екологічно безпечних технологій, використання альтернативних джерел протеїну, а також селекційні й технологічні інновації у вирощуванні кормових культур.

Сукупний економічний, ресурсозберігаючий та екологічний ефект від таких інновацій створює реальні передумови для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного тваринництва та зміцнення продовольчої безпеки країни. Водночас для розгортання повномасштабної інноваційної модернізації кормовиробництва необхідні цілеспрямована державна політика підтримки інновацій, розвиток інституцій аграрної освіти й науки, активізація кооперації між науковими установами, бізнесом і фермерськими господарствами.

Отже, інноваційна складова має розглядатися як стратегічний ресурс зростання ефективності кормовиробництва в Україні, від рівня розвитку якого значною мірою залежатимуть перспективи всієї тваринницької галузі та аграрного сектору загалом.

УДК 621.43.001.5

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

Савченко В. М., к.т.н., доц.,
Гайбу В. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Козачук В. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Ефективність експлуатації автотракторної техніки в агропромисловому комплексі значною мірою визначається надійністю та паливно-економічними показниками дизельних двигунів. Зростання вартості пального, посилення екологічних норм, дефіцит кваліфікованих кадрів та складні умови роботи (змінні навантаження, пил, вологість, тривала сезонна експлуатація) зумовлюють необхідність переходу від традиційного планово-попереджувального обслуговування до діагностично орієнтованих стратегій підтримання працездатності.

Сучасні дизельні двигуни автотракторної техніки оснащуються складними системами електронного керування, високоточними паливними системами (Common Rail, насос-форсунки), багатоетапними системами очищення відпрацьованих газів (EGR, DOC, DPF, SCR). Їхній стан неможливо об'єктивно оцінити лише візуальним оглядом або вимірюванням кількох традиційних параметрів. Потрібна інтегрована діагностика, що поєднує параметричні, віброакустичні, газоаналітичні, триботехнічні та інші методи.

Технічна діагностика двигунів внутрішнього згоряння ґрунтується на встановленні зв'язку між вимірюваними діагностичними параметрами й фактичним станом вузлів та агрегатів. Для автотракторних дизелів найчастіше контролюють: частоту обертання, крутний момент і потужність, витрату палива та повітря, температуру робочих середовищ, тиск наддуву й мастила, димність і токсичність відпрацьованих газів, рівень вібрацій і шуму, параметри моторної оливи тощо.

У сучасних підходах виокремлюють:

- параметричну діагностику, коли вимірюють фізичні величини (тиск, температура,

витрата, компресія, електричні сигнали датчиків) та порівнюють їх із нормативними;

- функціональну діагностику, що аналізує інтегральні показники роботи двигуна – ефективний ККД, питому витрату палива, нестійкість частоти обертання, зміну динамічних характеристик у розгоні/гальмуванні;

- структурно-параметричну діагностику, яка базується на математичних моделях двигуна й дозволяє за відхиленням кількох параметрів оцінювати деградацію окремих вузлів (паливної апаратури, газорозподільного механізму, системи наддуву).

Застосовують також класифікацію за ступенем втручання: розбірні (з частковим або повним розбиранням) та безрозбірні, до яких належить більшість сучасних експрес-методів. Останні особливо актуальні для дизелів сільськогосподарських тракторів і комерційних автомобілів, де кожна година простою техніки призводить до відчутних втрат.

До традиційних засобів діагностики належать вимірювання компресії в циліндрах, тиску палива та мастила, температури охолоджувальної рідини, аналіз димності й токсичності відпрацьованих газів, випробування двигуна на навантажувальному стенді. Такі методи дозволяють виявляти грубі дефекти – прогар клапанів, знос поршневої групи, несправності паливної апаратури, порушення фаз газорозподілу. Перевагою параметричної діагностики є відносна простота реалізації, доступність вимірювальних засобів і зрозуміла інтерпретація результатів для практиків. Однак їй притаманна низька чутливість на ранніх стадіях пошкоджень, необхідність зупинки двигуна та, часто, часткове розбирання (наприклад, для вимірювання компресії). Крім того, значний вплив на показники мають зовнішні умови та похибки вимірювань, що потребує кваліфікованого персоналу.

У сучасних дослідженнях традиційні параметри все частіше комбінують із розширеними функціональними показниками – зміною потужності та ККД у часі, швидкісними й навантажувальними характеристиками, що дозволяє підвищити чутливість діагностики без ускладнення апаратної частини.

Віброакустичні методи ґрунтуються на реєстрації коливань і шуму, які супроводжують роботу двигуна. Кожен тип несправності – розрегулювання паливної апаратури, знос підшипників, порушення теплових зазорів у клапанному механізмі, нерівномірність роботи циліндрів – формує характерний спектральний «відбиток» вібраційного сигналу.

Сучасні системи віброакустичної діагностики застосовують широкосмугові датчики прискорення, мікрофони, перетворювачі тиску в циліндрах, а обробка сигналів здійснюється методами спектрального, часово-частотного та вейвлет-аналізу. Це дає змогу виділяти ознаки дефектів паливної апаратури, газорозподільного механізму, системи наддуву навіть на ранніх стадіях.

Переваги віброакустичних методів:

- безрозбірний характер контролю;
- можливість діагностування в реальному часі під час роботи техніки в полі чи на дорозі;
- висока чутливість до початкових стадій дефектів;
- придатність до автоматизованої обробки та побудови систем раннього попередження.

Недоліки пов’язані зі складністю відокремлення корисного сигналу від шуму, необхідністю калібрування для конкретних моделей двигунів і залежністю від умов навантаження, що потребує створення бази еталонних сигналів.

Газоаналітична діагностика досліджує склад відпрацьованих газів (CO, CH, NOx, CO_2, O_2, тверді частинки) і димність з метою оцінки ефективності процесу згоряння, стану паливної апаратури, систем рециркуляції відпрацьованих газів і нейтралізаторів.

У дизельних двигунах аналіз зміни концентрацій NOx, CO, CH та вмісту твердих частинок дозволяє судити про перерозподіл паливоповітряної суміші між циліндрами, ступінь зносу форсунок, порушення у роботі систем сажових фільтрів (DPF) та систем селективної каталізичної нейтралізації (SCR). Поєднання газоаналізу з вимірюванням димності забезпечує достатньо повну картину процесу згоряння, однак потребує дорогого стаціонарного або переносного обладнання та стабільних умов випробувань.

Для автотракторної техніки газоаналітичні методи доцільно використовувати переважно

у сервісних центрах і ремонтних майстернях – при приймально-здавальних випробуваннях після ремонту, під час періодичного контролю токсичності або налаштування паливної апаратури.

Триботехнічна діагностика розглядає моторну оливу як «інформаційне середовище», у якому накопичуються частинки зносу, продукти окиснення, сажа, залишки присадок. Аналіз фізико-хімічних (в'язкість, кислотне число, лужне число, вміст води, сажі, присадок) та мікроскопічних характеристик оливи (розмір, форма, склад частинок зносу) дає змогу оцінити інтенсивність зношування циліндро-поршневої групи, підшипників колінчастого валу, турбокомпресора, клапанного механізму.

Сучасні моделі триботехнічної діагностики дозволяють не лише констатувати факт підвищеного зношування, а й ідентифікувати потенційне джерело дефекту за елементним складом частинок (Fe, Cu, Al, Cr тощо) та їхньою морфологією. Це створює передумови для прогнозування ресурсу двигуна й оптимізації інтервалів заміни оливи на основі її реального стану, а не фіксованого пробігу.

Для автотракторних дизелів триботехнічна діагностика є особливо актуальною. Тривала сезонна робота під змінним навантаженням, частий пиловий фактор і можливі порушення культури експлуатації призводять до прискореного зношування. Регулярний аналіз оливи дозволяє виявляти дефекти задовго до появи явних зовнішніх ознак (шум, падіння потужності, зростання димності) та уникати дорогих капітальних ремонтів.

Ендоскопічні методи передбачають використання спеціальних оптичних приладів (ендоскопів, відеоборов) для візуального огляду внутрішніх порожнин двигуна через технологічні отвори – отвори форсунок, свічок розжарювання, люки огляду. Це дає змогу без розбирання оцінити стан поршнів, циліндрів, клапанів, камери згоряння, виявити нагар, задири, тріщини.

Порівняно з повним розбиранням двигуна ендоскопія значно скорочує трудомісткість і час діагностики, однак потребує досвідченого спеціаліста для інтерпретації зображень. У сучасних системах використовуються цифрові відеоендоскопи з можливістю запису та комп'ютерної обробки знімків, що полегшує створення бази даних дефектів та дистанційні консультації.

Тепловізійна діагностика базується на реєстрації інфрачервоного випромінювання й побудові температурних карт поверхні двигуна, систем охолодження та наддуву. Порушення в роботі охолоджувальної системи, часткове засмічення радіатора, нерівномірний розподіл температур по блок-головці, підвищений нагрів підшипників або турбокомпресора проявляються як локальні перегріви на термограмах.

Перевагою методу є повна безконтактність, можливість контролю під час роботи двигуна під реальним навантаженням, а також висока наочність для оператора. Обмеженнями є висока вартість якісних тепловізорів, вимоги до умов зйомки (відсутність прямих відблисків, стабільна температура навколишнього середовища) та необхідність формувати довідкові шаблони нормального температурного поля для конкретних моделей двигунів.

Більшість сучасних дизельних двигунів дорожніх і сільськогосподарських машин оснащені системами бортової діагностики (OBD), які реалізують безперервний моніторинг параметрів роботи двигуна й систем очищення відпрацьованих газів. Такі системи фіксують відхилення контрольованих параметрів від допустимих значень, зберігають коди несправностей, а у разі перевищення порогів вмикають індикатор несправності (MIL).

OBD-системи вимірюють сигнали численних датчиків (тиску й температури повітря, палива, охолоджувальної рідини, тиску до/після DPF, концентрації кисню й NOx, положення педалі акселератора, частоти обертання тощо), аналізують їх у реальному часі та записують діагностичні коди (DTC). Для автотракторної техніки все більшого поширення набуває інтеграція OBD з телематичними системами, які передають діагностичну інформацію на віддалені сервери виробника чи сервісної компанії, забезпечуючи моніторинг стану парку машин і планування технічного обслуговування за фактичним станом.

Дизельні двигуни тракторів і самохідної сільськогосподарської техніки працюють

переважно в режимах змінного навантаження, на низьких і середніх частотах обертання, у запиленому середовищі та за сезонного характеру використання. Це накладає низку обмежень на організацію діагностування.

По-перше, велика частка часу руху поза дорогами й значні коливання навантаження ускладнюють застосування методів, які потребують стабільних режимів (частина віброакустичних алгоритмів, газоаналіз на усталених режимах). Для таких умов перспективними є методи, що спираються на аналіз функціональних параметрів (ефективності, паливної економічності, динаміки розгону) на основі даних OBD і телематики.

По-друге, недостатня розвиненість спеціалізованої сервісної інфраструктури у віддалених регіонах вимагає створення простих у використанні експрес-методів діагностики, які може застосовувати персонал господарства: експрес-аналіз моторної оливи, портативна віброакустична діагностика, переносні газоаналізатори.

По-третє, сезонний характер навантажень (періоди інтенсивної роботи під час посіву й збирання та тривалі простої взимку) приводить до специфічних дефектів – корозійного зносу, деградації оливи, деформації ущільнень. Для їхнього виявлення особливо ефективними є триботехнічна діагностика та ендоскопічні огляди перед початком сезону.

В українських та зарубіжних дослідженнях показано, що впровадження систем діагностики дизельних двигунів тракторів за функціональними параметрами та триботехнічними показниками дає змогу підвищити паливну економічність машинно-тракторних агрегатів і зменшити кількість відмов у польових умовах, особливо за умови інтеграції з плануванням технічного сервісу.

Сучасна діагностика технічного стану дизельних двигунів автотракторної техніки базується на комплексному використанні параметричних, віброакустичних, газоаналітичних, триботехнічних, оптичних, тепловізійних та електронних (OBD, телематичних) методів контролю. Кожен із них має власні переваги й обмеження, а максимальну інформативність забезпечує їх поєднання.

Традиційні параметричні методи, незважаючи на простоту й доступність, недостатньо чутливі на ранніх стадіях розвитку дефектів і часто потребують зупинки двигуна та часткового розбирання. Сучасні віброакустичні й функціональні методики дають змогу здійснювати безрозбірну діагностику під час роботи двигуна, проте вимагають складних алгоритмів обробки сигналів та еталонних баз для конкретних моделей двигунів.

Триботехнічна діагностика, яка розглядає моторну оливу як носій інформації про зношування, є одним із найбільш перспективних засобів прогнозування ресурсу дизельних двигунів автотракторної техніки. Вона дозволяє оптимізувати інтервали заміни оливи, попереджати аварійні відмови та планувати ремонти за фактичним станом агрегатів.

Бортові системи діагностики (OBD) і телематичні платформи стають ключовими компонентами сучасної системи технічного сервісу. Вони забезпечують безперервний моніторинг, запис історії несправностей та дистанційну діагностику, створюючи умови для впровадження стратегії технічного обслуговування за фактичним станом та інтеграції з цифровими сервісами виробників техніки.

Для дизельних двигунів автотракторної техніки, що працюють у специфічних умовах аграрного виробництва (змінні навантаження, пил, сезонність), особливо важливими є безрозбірні експрес-методи діагностики – триботехнічний аналіз оливи, портативна віброакустична діагностика, тепловізійний контроль, використання мобільних сканерів OBD. Їхнє впровадження у практику господарств дає змогу істотно підвищити надійність парку машин, зменшити простої та витрати на ремонт.

Перспективи розвитку діагностики автотракторних дизелів пов’язані з інтеграцією віброакустичних, триботехнічних, газоаналітичних та електронних методів у єдині інформаційно-діагностичні системи, використанням методів машинного навчання й цифрових двійників для прогнозування відмов, а також розширенням можливостей телематики та віддаленого сервісу. Це відповідає загальній тенденції цифрової трансформації технічного сервісу в агропромисловому комплексі та створює основу для підвищення ефективності й

екологічної безпечності експлуатації автотракторної техніки.

УДК 631.347.2:631.147

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

Куликівський В. Л.[1], к.т.н., доц.,
Шевчук О. А.[2], викладач,
Дем'янчук В. П.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Вдовиченко А. М,[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Омельчук С. М.[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Тверді органічні добрива (тваринницький гній, компости, пташиний послід, торфогнойові суміші) залишаються одним із ключових чинників підтримання родючості ґрунтів, особливо в умовах інтенсифікації рослинництва та зростання вартості мінеральних добрив. Ефективність їх використання значною мірою визначається якістю роботи машин для внесення, оскільки нерівномірний розподіл по площі призводить до перевитрат ресурсів, зниження врожайності та локального погіршення екологічного стану ґрунту.

Сучасні розкидачі твердих органічних добрив повинні забезпечувати не лише транспортні функції, а й точне дозування, подрібнення та рівномірне розсіювання добрив у поперечному та поздовжньому напрямках. Водночас необхідно враховувати значну змінність фізико-механічних властивостей матеріалів (вологість, грудкуватість, наявність сторонніх домішок), що ускладнює стабільну роботу робочих органів.

За конструктивно-технологічною ознакою машини для внесення твердих органічних добрив поділяють, передусім, на кузовні розкидачі та розкидачі з куп, причому найбільш поширеними є кузовні причіпні агрегати. Вони поєднують функції транспортного засобу і машини для внесення, завантажений у кузов матеріал подається до активних розкидальних робочих органів і розподіляється по поверхні поля.

Типовий причіпний розкидач (ПРТ-10) містить зварну раму, кузов, ходову частину, силовий передавач, ланцюгово-планчастий конвеєр-дозатор, один чи кілька розкидальних барабанів, а також гідравлічну і гальмівну системи й трансмісію від ВВП трактора.

Сучасні машини окрім базових вузлів, оснащуються покращеними гідравлічно керованими транспортерами та модернізованими розкидними пристроями, що дозволяє забезпечувати ширину внесення 5–8 м за продуктивності до 70–75 т/год і діапазону доз 10–60 т/га.

За типом робочих органів розкидачі твердих органічних добрив можуть мати горизонтальні барабани (шнеково-лопатеві), вертикальні дискові або барабанні розкидачі, а також комбіновані системи з подрібнювально-розкидальними робочими органами. Така різноманітність дозволяє адаптувати машинно-тракторні агрегати під різні типи добрив і агротехнічні вимоги.

Технологічна схема роботи кузовних розкидачів є в цілому подібною. Конвеєр подає добрива до розкидального пристрою, який одночасно подрібнює та розсіює матеріал по поверхні поля. Ланцюгово-планчастий конвеєр рухає масу добрива вздовж кузова до заднього борта. Швидкість його руху визначає подачу матеріалу й відповідно норму внесення.

На виході з кузова добриво захоплюється шнеково-лопатевими або дисковими робочими органами. Шнеки виконують подрібнення грудок, руйнування свіжого гною, а лопаті

створюють тангенціальну швидкість часток, формуючи смугу розсіювання. На практиці значні труднощі викликає забезпечення рівномірної роботи при змінній вологості та неоднорідності розмірів часток. Великі включення (солома, підстилка, сторонні предмети) можуть забивати робочі органи, спричиняти нерівномірну подачу й перенавантаження приводу.

Особливістю роботи машин для твердих органічних добрив є комбінований характер впливу на матеріал. Відбувається транспортування, дозування, подрібнення й розсіювання в одному технологічному потоці. Це висуває підвищені вимоги до міцності елементів конвеєра, барабанів, підшипникових опор, а також до надійності трансмісії від ВВП трактора. Для підвищення стійкості роботи застосовують посилені ланцюги, регульовані натяжні станції, захисні муфти в приводі барабанів, а також змінні ножі та лопаті з підвищеною зносостійкістю.

У технологіях механізованого компостування розкидачі можуть виконувати додаткові функції формування буртів, попереднього змішування компонентів і зволоження суміші.

Ключовими показниками якості роботи машин для внесення твердих органічних добрив є рівномірність розподілу добрива по ширині захвату та в поздовжньому напрямку, а також точність дотримання заданої норми внесення.

Результати експериментальних досліджень показують, що для досягнення прийнятної рівномірності необхідно оптимально поєднувати швидкість руху агрегату, швидкість конвеєра та частоту обертання розкидальних органів. Зі збільшенням швидкості руху норма внесення, як правило, зменшується, якщо не компенсувати це збільшенням подачі конвеєра.

Особливістю роботи розкидачів твердих органічних добрив є їх чутливість до фізико-механічних властивостей матеріалу. Вологий, липкий гній має тенденцію до налипання на робочі органи й стінки кузова, що призводить до коливань подачі. Сухіші та розсипчасті матеріали (компости, перемішаний гній із соломою) розподіляються більш рівномірно, але можуть формувати ширший факел розсіювання, що потребує коригування ширини проходу.

Для підвищення точності внесення розкидачі оснащують регульованими дозувальними заслінками на вихідному вікні кузова, багатоступеневими коробками передач у приводі конвеєра, а також сервоприводами, під’єднаними до електронних систем керування. Сучасні машини можуть мати ISOBUS-сумісні контролери, що автоматично регулюють подачу добрива залежно від швидкості руху трактора та заданої норми внесення.

Важливим елементом технології є калібрування розкидачів у польових умовах. Через змінність властивостей добрив рекомендовано періодично визначати фактичну норму, розкидаючи матеріал на контрольні площі або в уловлювачі і коригувати налаштування конвеєра та швидкість руху агрегату.

Робота кузовних розкидачів твердих органічних добрив характеризується значними силовими навантаженнями на привід, зумовленими масою завантаженого матеріалу, опором переміщенню конвеєра та моментами, необхідними для подрібнення грудок і розкидання добрив.

Особливістю є те, що резистивні зусилля суттєво змінюються в процесі вивантаження, коли маса в кузові зменшується, а фізичний стан добрива може змінюватися від щільного шару до розсипчастої маси. Це призводить до нестабільності крутного моменту на валах конвеєра та барабанів, що потребує використання запобіжних муфт, редукторів зі збільшеним запасом міцності, а також енергетично раціонального узгодження з тяговим класом трактора.

Енергоємність процесу внесення залежить від кількох факторів:

- норми внесення та типу добрива;
- конструкції та маси розкидача;
- типу і частоти обертання розкидальних органів;
- умов поля (рельєф, несуча здатність ґрунту).

Для мінімізації питомих витрат палива доцільно оптимізувати маршрут руху агрегату (зменшення холостих переїздів), забезпечувати раціональне завантаження розкидачів, своєчасне технічне обслуговування конвеєрів і барабанів, правильний вибір робочих швидкостей.

З точки зору експлуатації важливими особливостями є:
- підвищена корозійна активність органічних добрив;
- абразивна дія механічних домішок;
- агресивний вплив зовнішніх умов зберігання.

Тому в сучасних конструкціях широко застосовують зносостійкі сталі, полімерні накладки, антикорозійні покриття, а також передбачають зручний доступ до вузлів для очищення й мащення.

Машини для внесення твердих органічних добрив є ключовою ланкою технології використання гною й компостів у землеробстві, поєднуючи транспортні, дозувальні, подрібнювальні та розкидальні функції в одному технологічному процесі.

Особливістю їх роботи є значна залежність показників рівномірності розподілу та точності дотримання норми внесення від конструкції конвеєра й розкидальних органів, режимів руху агрегату та фізико-механічних властивостей добрив.

Енергетичні та експлуатаційні особливості зумовлені змінністю навантажень у процесі вивантаження, абразивно-корозійним впливом добрив і необхідністю забезпечення високої надійності основних вузлів.

Сучасні тенденції розвитку машин для внесення твердих органічних добрив пов’язані з удосконаленням геометрії робочих органів, впровадженням електронних систем керування подачею, розширенням функцій у технологіях механізованого компостування та пристосуванням до потреб різних категорій господарств.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію конструкцій розкидальних органів із урахуванням цифрового моделювання руху часток, розробку адаптивних систем керування дозуванням із використанням карт-завдань та удосконалення методів діагностики технічного стану розкидачів у польових умовах.

УДК 631.95:502.131.1

ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТРАДИЦІЙНОГО СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ПРАКТИК

Стрихар М. І., асистент
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

Інтенсивна модель сільськогосподарського виробництва, що сформувалася у XX столітті під впливом агрохімізації, механізації та спеціалізації, забезпечила суттєве підвищення врожайності та стабілізацію продовольчого забезпечення. Водночас така модель спричинила комплексні екологічні наслідки, які в сучасних умовах набувають системного та глобального характеру. Аграрний сектор дедалі більше розглядається не лише як виробнича галузь, а як один із ключових чинників трансформації природних ландшафтів, деградації ґрунтового покриву, зміни гідрологічних режимів і порушення біогеохімічних циклів.

Серед основних екологічних ризиків традиційного сільського господарства виокремлюються хімічне забруднення ґрунтів і водних ресурсів, деградація орного шару, порушення структури агроландшафтів, зменшення біорізноманіття та посилення кліматичних впливів. Інтенсивне застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин зумовлює накопичення в ґрунті нітратів, фосфатів і пестицидів. Частина цих сполук мігрує у ґрунтові та поверхневі води, формуючи ризики евтрофікації водойм і погіршення якості питної води. Узагальнені оцінки екологічних наслідків традиційного агровиробництва засвідчують, що ці процеси мають кумулятивний характер і посилюються за умов тривалого застосування

інтенсивних технологій [1].

Виробництво агрохімікатів також супроводжується значним промисловим навантаженням на довкілля. Додатковим чинником ризику є наявність домішок у мінеральних добривах. Сировина для їх виготовлення – фосфорити, апатити, калійні солі – може містити важкі метали та інші токсичні елементи, зокрема кадмій, свинець, миш'як, фтор і стронцій. За умов систематичного внесення такі сполуки акумулюються в орному шарі ґрунту та потенційно включаються до трофічних ланцюгів. У довгостроковій перспективі це створює ризики для екосистем і здоров'я людини, що актуалізує необхідність удосконалення систем екологічної стандартизації агрохімічної продукції.

Не менш загрозливою є деградація ґрунтів, спричинена інтенсивним механічним обробітком, порушенням сівозмін і тривалим вирощуванням монокультур. Наслідками стають зниження вмісту гумусу, руйнування агрегатної структури, ущільнення орного шару, активізація водної та вітрової ерозії, а також вторинне засолення. За оцінками міжнародних досліджень, деградація земель є одним із провідних факторів зниження довгострокової продуктивності агроекосистем і продовольчої стабільності [2]. Проблематика відтворення і збереження родючості ґрунтів у контексті сталого природокористування розглядається як стратегічний напрям аграрної політики, що потребує комплексного управління земельними ресурсами [3].

Сільське господарство є також значним споживачем прісної води. Надмірна іригація, особливо в посушливих регіонах, сприяє зниженню рівня підземних вод, вторинному засоленню ґрунтів та зміні природних гідрологічних балансів. Погіршення якості води внаслідок агрохімічного навантаження поєднується з кількісним виснаженням водних ресурсів, що створює комплексний водно-екологічний виклик.

Промислове тваринництво генерує значні обсяги органічних відходів, які за неналежного управління стають джерелом бактеріального забруднення ґрунтів і вод, сприяють надходженню нітратів у підземні горизонти та зумовлюють емісію парникових газів – метану і закису азоту. Сільське господарство загалом є суттєвим джерелом антропогенних викидів парникових газів, що впливають на глобальні кліматичні зміни. В умовах посилення кліматичної нестабільності агроекосистеми стають більш уразливими до посух, зливових опадів і температурних аномалій, що вимагає адаптивних підходів до управління виробництвом.

Монокультурна спеціалізація та широке застосування пестицидів призводять до скорочення видового різноманіття флори і фауни. Зменшується чисельність запилювачів, ґрунтових мікроорганізмів та інших функціонально важливих груп організмів. У результаті агроландшафти втрачають здатність забезпечувати екосистемні послуги – регулювання водного режиму, фіксацію вуглецю, природний контроль шкідників, підтримання родючості ґрунту. Таким чином, деградація біорізноманіття має не лише екологічний, а й економічний вимір, оскільки знижує довгострокову ефективність агровиробництва.

У цьому контексті особливої уваги потребує економіко-інституційний аспект екологізації аграрного сектору. Система субсидій, ринкових стимулів і регуляторних механізмів часто орієнтована на короткострокове підвищення продуктивності, не враховуючи вартості екологічних втрат. Формування політики, що інтегрує принципи сталого розвитку, передбачає внутрішню оцінку екологічних витрат, розвиток екологічної сертифікації, підтримку органічного виробництва та впровадження механізмів оплати за екосистемні послуги. Лише за умов поєднання економічної доцільності та екологічної відповідальності можливе системне реформування аграрної моделі.

Перспективним напрямом трансформації є впровадження принципів відновлювального землеробства, що передбачає підтримання постійного ґрунтового покриву, мінімізацію механічного втручання, збереження органічної речовини та стимулювання біологічної активності ґрунту. Раціонально організована сівозміна з урахуванням кліматичних і фітосанітарних чинників сприяє відновленню гумусу та зменшенню хімічного навантаження. Інтеграція тваринництва в систему рослинництва забезпечує повернення поживних речовин у

ґрунт і формування більш замкнених біогеохімічних циклів, що відповідає концепції сталого розвитку агросфери.

Отже, забезпечення довгострокової продовольчої безпеки неможливе без поєднання продуктивності з екологічною збалансованістю. Науково обґрунтоване управління родючістю ґрунтів, оптимізація норм внесення добрив, впровадження природоохоронних технологій, адаптація до кліматичних змін та удосконалення інституційних механізмів регулювання мають стати невід'ємними складовими сучасної аграрної політики. Комплексна трансформація аграрної системи на засадах екологічної відповідальності дозволить мінімізувати негативні наслідки традиційного виробництва, зберегти природний капітал та забезпечити стійкий розвиток агросфери в довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. Даниленко А. С., Горлачук В. В., В'юн В. Г., Песчанська І. М., Сохнич А. Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. Миколаїв: ПП «Іліон», 2003. 39 с.
2. FAO. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015. 650 p.
3. Екологічні наслідки традиційного сільського господарства. Органічне виробництво в Україні: вебсайт. URL: http://ecoindustry.pro/avtorski-statti/ekologichni-naslidky-tradyciynogo-silskogogospodarstva-organichne-vyrobnyctvo-v (дата звернення 19.02.2026).

УДК 636.2.034:636.2.082

СУЧАСНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИ УТРИМАННІ ДІЙНИХ КОРІВ

Луканьов В., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

Молочне скотарство є однією з провідних галузей тваринництва, яка забезпечує населення високоякісними продуктами харчування. Ефективність виробництва молока значною мірою залежить від умов утримання корів та рівня механізації виробничих процесів. Сучасні технології спрямовані на зменшення витрат праці, підвищення продуктивності та забезпечення добробуту тварин.

Системи утримання дійних корів активно доповнюються засобами механізації та автоматизації, що значно знижують витрати праці й підвищують продуктивність.

Основними засобами механізації утримання дійних корів є автоматизовані системи доїння, механізація годівлі, системи гноєвидалення та утилізації, клімат-контроль і комфорт, цифрові технології управління стадом [1].

До автоматизованих систем годівлі відносять роботизовані доїльні установки, доїльні зали типу «Карусель» та «Паралель» з автоматичним контролем, системи ідентифікації корів та збору даних про продуктивність. Використання цих систем дозволяє коровам самостійно приходити на доїння, зменшують стрес і підвищують продуктивність. Крім того під час доїння є можливість зібрати дані про якість молока та стан здоров'я кожної тварини.

Сучасна механізація годівлі передбачає використання автоматизованих кормороздавачів та міксерів-кормозмішувачів, роботів для роздачі кормів у корівниках та систем контролю раціону типу Precision Feeding.

Системи гноєвидалення та утилізації гною при запровадженні сучасних технологій в молочному скотарстві передбачають використання скреперних транспортерів для прибирання

гною, автоматичних систем видалення гною з проходів та біогазових установок для переробки відходів у енергію. Це дає можливість зменшити екологічне навантаження та отримати додатковий дохід від енергії

Для забезпечення клімат-контролю і комфорту тварин на сучасних комплексах з виробництва молока використовують вентиляційні системи з автоматичним регулюванням, системи охолодження (розпилювачі води, вентилятори),автоматичні підстилкоукладачі для забезпечення комфорту.

Концепцію «розумної ферми» не можливо запровадити без використання сучасних програм з управління стадом таких як Smart Livestock Farming (SLF), Precision Livestock Farming (PLF), Digital Livestock Farming (DLF). Ці програми дають можливість проводити моніторинг здоров'я, активності та стану корів. а також інтегрувати дані з усіх процесів від годівлі до енергозабезпечення [2].

Запровадження сучасних засобів механізації при утриманні дійних корів має ряд переваг серед яких зменшення витрат праці, підвищення продуктивності тварин, покращення добробуту тварин, підвищення екологічності виробництва, та організація цифрового контролю і прогнозування стану стада.

Список використаних джерел

1. Рубан С. Ю., Борщ О. О., Борщ О. В. Сучасні технології виробництва молока (особливості експлуатації, технологічні рішення, ескізні проекти). Харків: ФОП Бровін О. В., 2017. 172 с.

2. Ткач В. В., Фененко А. І., Афанасьєв І. А., Перспективи техніко-технологічного забезпечення виробництва молока на основі смарт-технологій. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2024. Вип. 14(113). С. 142-150.

Науковий керівник: Бучковська В. І., к.с.г.н., доц.

УДК 636.2.034:636.2.082

СУЧАСНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЯЛОВИЧИНИ

Плазинський Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

Виробництво тваринницької продукції має надзвичайно важливе значення для економіки, продовольчої безпеки та соціального розвитку. В першу чергу, гарантування продовольчої безпеки неможливе без тваринницької продукції – м'ясо, молоко, яйця є основними джерелами білка, жирів, вітамінів і мінералів. М'ясне скотарство є важливою галуззю тваринництва, що забезпечує населення високоякісним білковим продуктом – яловичиною. Галузь м'ясного скотарства характеризується низкою особливостей. Так, для виробництва яловичини застосовують іншу технологію з використанням м'ясних порід худоби, добре пристосованих до різних кліматичних умов, невибагливих до кормів, стійких проти захворювань, із консолідованою спадковістю, скороспілих, із високою оплатою корму продукцією, більшим виходом м'яса високої якості [2]. Ефективність виробництва значною мірою залежить від рівня механізації, адже сучасні технології дозволяють зменшити витрати праці, підвищити продуктивність та забезпечити належні умови утримання тварин.

Основні напрями механізації. Першим напрямом механізації виробничих процесів є годівля та роздавання кормів він передбачає використання кормороздавачів, транспортерів, автоматизованих систем дозування це забезпечує точність та регулярність годівлі, що сприяє швидкому росту тварин. Наступним є напування а саме застосування автоматичних поїлок, що

підтримують постійний доступ до чистої води внаслідок чого досягаєтеся зменшення трудових витрат та покращення гігієни. Крім того механізація виробництва яловичини передбачає використання для прибирання гною та утримання приміщень механізованих систем видалення гною (скребкові транспортери, гідравлічні установки) що забезпечує підтримання санітарних умов, зниження ризику захворювань [3].

Не менш важливим етапом є використання механізованих засобів для переміщення худоби, вагових платформ, систем ідентифікації при транспортуванні та обробці тварин, що забезпечує полегшення роботи персоналу та зменшення стресу у тварин.

Сучасні м'ясокомбінати оснащені автоматизованими лініями забезпечують високу продуктивність і якість продукції при забої та первинній переробці тварин.

Використання всіх цих засобів механізації при виробництві яловичини має ряд переваг, а саме зниження трудових витрат; підвищення продуктивності та рентабельності; покращення умов утримання та добробуту тварин; забезпечення стабільної якості продукції.

Поряд з цим існує ряд проблем та недоліків до яких слід віднести значні капітальні інвестиції у техніку; потреба у кваліфікованому персоналі для обслуговування обладнання; залежність від енергопостачання та технічного стану машин [1].

Отже, механізація м'ясного скотарства є необхідною умовою розвитку сучасних фермерських господарств. Вона дозволяє оптимізувати виробничі процеси, зменшити витрати та забезпечити високу якість яловичини. Впровадження новітніх технологій у цій галузі сприяє підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору та його сталому розвитку.

Список використаних джерел

3. Продовольча безпека: національний та глобальний рівень / Ткачук В. П., Роївський О. І., Марчук Д. С., Савчук О. А., Дєдух А. В. *Екологорегіональні проблеми сучасного тваринництва та ветеринарної медицини:* матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених та здобувачів (16 листопада 2023 р.). Житомир, 2023. С. 337–339.

4. Рубан С. Ю., Борщ О. О., Борщ О. В. Сучасні технології виробництва молока (особливості експлуатації, технологічні рішення, ескізні проекти). Харків: ФОП Бровін О. В., 2017. 172 с.

5. Ткач В. В., Фененко А. І., Афанасьєв І. А., Перспективи техніко-технологічного забезпечення виробництва молока на основі смарт-технологій. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2024. Вип. 14(113). С. 142-150.

Науковий керівник: Бучковська В. І., к.с.г.н., доц.

УДК 631.363.2:631.22

СУЧАСНІ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ У СВИНАРСТВІ

Хіблень Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

Свинарство є однією з провідних галузей тваринництва, яка забезпечує населення високоякісним м'ясом та продуктами його переробки. Ефективність виробництва значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів. Сучасні технічні засоби дозволяють автоматизувати утримання, годівлю, напування, видалення гною та підтримання оптимального мікроклімату, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат праці.

За останні роки діджиталізація стала невід'ємною частиною багатьох галузей

промисловості і свинарство не виключення. Завдяки впровадженню новітніх цифрових технологій та систем контролю, фермери можуть покращити ефективність своєї роботи і збільшити прибуток. Однією з ключових інновацій у галузі свинарства є застосування систем комплексного контролю свиноферми, зокрема систем автоматичного зважування свиней за допомогою камер. Вони дозволяють контролювати стан здоров'я свиней, ефективність вирощування, а також зменшувати втрати [3].

Основні напрями механізації свинарства в першу чергу стосуються механізації утримання свиней. До цього напряму відносять: використання сучасних свинарників із секційним плануванням; автоматизовані системи контролю мікроклімату (вентиляція, опалення, охолодження); сенсорні системи моніторингу стану тварин.

Наступним напрямом механізації виробничих процесів у свинарстві є годівля, це автоматизовані кормороздавачі та транспортери, системи дозованої подачі комбікормів, комп'ютеризовані станції індивідуальної годівлі. На менш важливим напрямом є механізація напування, який включає використання ніпельних та чашкових поїлок з автоматичним регулюванням подачі води, систем очищення та знезараження води [1].

Механізація видалення гною також є важливою складовою частиною модернізації виробничих процесів у свинарстві вона передбачає використання скребкових транспортерів та гідравлічних систем, вакуумних установок для видалення рідких відходів, біогазових комплексів для утилізації гною та отримання енергії.

Для механізації процесів з підтримання мікроклімату приміщень активно використовують автоматизовані системи вентиляції з датчиками температури та вологості, інфрачервоні обігрівачі для поросят, системи охолодження повітря в літній період.

Сучасна система організації зооветеринарного обслуговування у свинарстві передбачає використання автоматизованих систем ідентифікації та обліку тварин, роботизованих комплексів для вакцинації та ветеринарного контролю, програмного забезпечення для аналізу продуктивності та здоров'я поголів'я [2].

Сучасні цифрові технології у свинарстві, зокрема систем контролю та автоматизації менеджменту, дають низку переваг: зниження трудових витрат, підвищення продуктивності та якості продукції, поліпшення умов утримання та добробуту тварин, раціональне використання ресурсів, зменшення негативного впливу на довкілля.

Отже, сучасні засоби механізації свинарства є ключовим фактором розвитку галузі. Вони забезпечують ефективне виробництво, відповідність європейським стандартам та підвищення конкурентоспроможності продукції. Подальший розвиток механізації пов'язаний із впровадженням цифрових технологій, роботизації та систем «розумної ферми»..

Список використаних джерел

1. Волощук В. М., Іванов В. О., Засуха Л. В. Нове в технології виробництва та переробки продукції свинарства: монографія. Полтава: ТОВ "Фірма "Техсервіс", 2023. 446 с.

2. Іванов В. О. та ін. Технологічні аспекти виробництва органічної свинини: монографія. Полтава: ТОВ "Фірма "Техсервіс" 2025. 399 с.

3. Лихач В. Я., Лихач А. В. Технологічні інновації у свинарстві: монографія. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2020. 291 с.

Науковий керівник: Бучковська В. І., к.с.г.н., доц.

УДК 631.3:633.854.78

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПОЛІССЯ

Дерев'янко Д. А.[1], д.т.н., проф.,
Шевчук О. А.[2], викладач,
Гмир І. В[1] , здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Михалочкін Н. А.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Соняшник є однією з ключових олійних культур України, частка якої в структурі посівних площ та експортного потенціалу аграрного сектору постійно зростає. Традиційними зонами його вирощування вважаються Лісостеп і Степ, однак у зв'язку зі змінами клімату та економічною привабливістю культури відбувається активне просування посівів соняшнику на північ – у зону Полісся. Таке розширення ареалу потребує адаптації не лише агротехнологій, а й системи технічного забезпечення, оскільки ґрунтово-кліматичні умови Полісся істотно відрізняються від умов традиційних зон вирощування.

Метою роботи є аналіз особливостей технічного забезпечення вирощування соняшнику в умовах Полісся, обґрунтування вимог до машинно-тракторного парку та допоміжного обладнання з урахуванням специфіки ґрунтів, клімату, строків сівби, системи удобрення й захисту рослин, а також окреслення перспектив впровадження ресурсозберігаючих та цифрових технологій.

Полісся характеризується підвищеною зволоженістю, відносно низькою сумою ефективних температур та значною площею кислих, малородючих дерново-підзолистих ґрунтів. Саме кислотність і бідність ґрунтів, поряд із ризиком перезволоження, розглядаються як основні обмежувальні чинники для соняшнику в регіоні. На відміну від чорноземів Степу й Лісостепу, місцеві ґрунти частіше потребують вапнування та підвищених доз органічних і мінеральних добрив.

З точки зору технічного забезпечення, ці фактори зумовлюють:

- необхідність використання ґрунтообробної техніки з обмеженим тиском на ґрунт (широкопрофільні шини, двоскатні колеса, гусеничні рушії);
- доцільність застосування енергоощадних систем обробітку (мілкий, комбінований, мінімальний або strip-till);
- потребу в потужних, але відносно легких тракторах класу 80–150 к.с., що забезпечують високу прохідність на вологих полях;
- підвищені вимоги до точності виконання технологічних операцій у стислі агротехнічні строки.

Соняшник належить до культур з високою вимогливістю до родючості та структури орного шару: для формування урожаю 2–2,5 т/га насіння рослина виносить із ґрунту до 120–140 кг/га азоту, 50–65 кг/га фосфору та понад 300 кг/га калію. Тому передпосівний обробіток має забезпечити не лише оптимальну щільність та агрегатний склад, а й ефективне загортання добрив, вапнякових матеріалів (за потреби) і післяжнивних решток.

У традиційних технологіях для Полісся застосовують: плужний обробіток (30–32 см) плугами з передплужниками, часто з одночасним внесенням органічних добрив; осіннє дискування важкими дисковими боронами для подрібнення стерні й запобігання перезволоженню; весняну передпосівну культивувацію на глибину 6–10 см лаповими та комбінованими агрегатами (культиватор + котки + борони).

В умовах високої вологості актуальним є перехід на мінімальний і нульовий обробіток, що зменшує кількість проходів техніки, ущільнення та енергоспоживання. Такі системи базуються на використанні важких дискаторів, чизелів, strip-till-агрегатів, які формують

оброблені смуги лише в зоні рядка. Вибір тракторів та знарядь у цьому випадку повинен враховувати можливість роботи по великій кількості рослинних решток та на перезволожених полях.

Особливу роль відіграють котки (кільчасто-шпорові, кільчасто-зубчасті), які забезпечують прикочування та покращення контакту насіння і ґрунту в умовах легкої пересихаючої верхньої кірки чи розпушеного шару.

Для забезпечення високої польової схожості та рівномірності розміщення рослин у зоні Полісся необхідно враховувати знижені температури ґрунту навесні та ризик пізніх заморозків. Рекомендована температура ґрунту під час сівби соняшнику у Поліссі становить близько 8 °С, глибина загортання насіння – 2,5–3 см, а норма висіву – 55–65 тис. насінин/га.

Такі вимоги зумовлюють використання точних просапних сівалок, оснащених: вакуумними або механічними висівними апаратами для індивідуального висіву насінин; системами контролю пропусків та двійників; опорно-приводними колесами з можливістю регулювання глибини; прикочувальними коточками або V-подібними колесами позаду сошників.

У структурі машинно-тракторного парку господарств Полісся доцільно мати сівалки з міжряддям 45 або 70 см. Вузькорядні схеми покращують використання світла й вологи, але потребують високої точності ходу агрегату та наявності навігаційних систем (GPS-курсовказівники, автопілот) для запобігання перекриттям і викривленням рядків.

Важливою складовою технічного забезпечення є підбір гібридів, адаптованих до прохолодніших умов і підвищеної вологості. Сучасні компанії пропонують спеціальні лінійки гібридів для Полісся, які характеризуються скоростиглістю, стійкістю до хвороб та підвищеною толерантністю до кислотності ґрунтів. Хоча це біологічний фактор, реалізувати потенціал гібриду можливо лише за умов точного дотримання режиму висіву, що напряму пов’язано з якістю роботи сівалок.

З огляду на бідні та кислі ґрунти Полісся особливе значення має технічне забезпечення внесення добрив і хімічних меліорантів. Оптимальний pH ґрунту для соняшнику становить 6,5–7,5; при кислотності нижче 5,5 рекомендується вапнування для покращення засвоєння поживних речовин.

Необхідний комплекс технічних засобів включає:

- розкидачі органічних добрив (гноєрозкидачі з горизонтальними/вертикальними барабанами) для рівномірного внесення гною, компостів, сидератів;
- розкидачі мінеральних добрив (відцентрові, стрічкові) для суцільного та локального внесення гранульованих NPK-добрив;
- комбіновані культиватори для одночасного розпушування ґрунту й внесення добрив у зону кореневої системи;
- машини для вапнування (спеціалізовані розкидачі порошкоподібних матеріалів), які забезпечують точне дозування і розподіл вапна.

Сучасні тенденції передбачають оснащення розкидачів системами електронного керування нормою внесення, GPS-моніторингом та можливістю диференційованого внесення за картами завдання. Це особливо актуально для Полісся, де мозаїчність ґрунтових умов і неоднорідність кислотності вимагають просторово змінюваних доз добрив і меліорантів для мінімізації витрат та вирівнювання родючості.

У зоні Полісся специфічною проблемою є підвищений ризик розвитку хвороб через надмірну вологість, а також загроза ураження бур’янами, які інтенсивно розвиваються в прохолодну й вологу весну. Це висуває високі вимоги до технічного забезпечення системи захисту посівів соняшнику.

Для підвищення ефективності застосовуються GPS-системи автоматичного відключення секцій, датчики швидкості та контролю норми виливу. У дрібнотоварних господарствах Полісся можуть використовуватись навісні та причіпні обприскувачі місткістю 800–2000 л, у великих – самохідні машини з кліренсом, достатнім для обробки високих рослин.

Перспективним напрямом є застосування безпілотних літальних апаратів (дронів-

обприскувачів) для локальних обробок важкодоступних або перезволожених ділянок, де заїзд тракторної техніки ускладнений. Таке рішення дозволяє знизити ризик ущільнення ґрунту, зменшити витрати препаратів та підвищити оперативність реагування на осередки хвороби.

Збирання соняшнику на Поліссі часто ускладнюється підвищеною вологістю повітря та грунту, нерівномірним дозріванням кошиків, а також короткими «вікнами» сприятливої погоди восени. У цих умовах технічне забезпечення має бути максимально надійним та продуктивним.

Згідно з вимогами чинних ДСТУ до насіння соняшнику, продукт має бути здоровим, без ознак самозігрівання, з допустимою вологістю, нормованою засміченістю й відсутністю сторонніх запахів. Це ставить додаткові завдання до технічного оснащення елеваторів та господарств – наявність точного вимірювального обладнання (вологоміри, пробовідбірники, лабораторні комплекси), сушильних установок із можливістю м’яких режимів сушіння та сучасних систем вентиляції складів.

Ґрунтово-кліматичні умови Полісся (кислі малородючі ґрунти, підвищена вологість, прохолодна весна) формують специфічні вимоги до технічного забезпечення вирощування соняшнику та зумовлюють необхідність адаптації традиційних технологій. Система машин для обробітку ґрунту має базуватися на енергоощадних, малоущільнюючих технологіях (мінімальний обробіток, strip-till), реалізованих на тракторах із підвищеною прохідністю та знаряддями комбінованої дії. Для сівби соняшнику в умовах Полісся доцільно застосовувати високоточні просапні сівалки з системами контролю висіву, навігації та можливістю варіювати норму висіву залежно від неоднорідності ґрунтових умов. Кислотність ґрунтів робить критично важливим технічне забезпечення системи внесення добрив і вапнякових матеріалів, включно з розкидачами, аплікаторами та засобами диференційованого внесення. Для захисту посівів від бур’янів і хвороб необхідні сучасні штангові обприскувачі з автоматичним керуванням секціями, а перспективними є дрони-обприскувачі для локальних обробок і роботи на перезволожених ділянках. Надійність збирання та післязбиральної доробки забезпечується використанням комбайнів із спеціалізованими соняшниковими жатками, ефективними сушарками й зерноочисним обладнанням, здатним доводити насіння до вимог чинних стандартів. Підвищення ефективності технічного забезпечення можливе за рахунок розвитку сервісної інфраструктури, впровадження телематики, систем діагностики техніки та комплексних рішень точного землеробства. Перспективи вирощування соняшнику в Поліссі пов’язані з поєднанням адаптованих гібридів і високотехнологічного машинно-тракторного парку, що забезпечить не лише економічну ефективність, а й дотримання принципів сталого землекористування.

УДК 663.2:005.332.4

СЕНСОРНИЙ АНАЛІЗ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВИН РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Побережна А. О., здобувачка вищої освіти СВО «Бакалавр»;
Луцькова В. А., к.т.н., старший викладач
Херсонський національний технічний університет, м. Хмельницький, Україна

В агропромисловому комплексі (АПК) та харчовій промисловості, сенсорний аналіз має надзвичайно важливе значення, оскільки дозволяє виробникам і споживачам оцінювати якість продукції на основі органолептичних характеристик, що є критичними для вибору споживачем [1]. У виноробстві, сенсорний аналіз дає змогу коригувати та оптимізувати процеси виробництва. Так, завдяки дегустаційному контролю стає можливим оперативне

виявлення дефектів (змін смаку чи аромату), що допомагає уникнути суттєвих економічних втрат та репутаційним ризикам. Крім того, сенсорний аналіз є основою для створення нових продуктів, орієнтуючись на уподобання споживачів.

Вина, які стабільно мають високі оцінки за ароматично-смаковими характеристиками, набувають більшої популярності серед споживачів. Разом з цим, відповідність продукції виноробства чітким стандартам якості є ключовим чинником забезпечення її конкурентоспроможності як на вітчизняному ринку, так і на міжнародному. Слід зазначити, що наразі виробництво вина в Україні є не значним (приблизно 0,73 млн геколітрів) [2], що повязано зі зниженням переробки винограду, втратою виноградних насаджень на окупованих територіях. Також ринкові дані свідчать про імпорт вина в Україну суттєво переважає за експорт, де Італія традиційно лідирує за обсягами поставок, що узгоджується з високим рівнем зацікавленості споживачів у імпортних марках [3]. З урахуванням цього, визначення органолептичних показників вин різного походження дозволить виявити конкурентні переваги вітчизняних вин.

Для проведення дослідження була організована віртуальна дегустація, під час якої було оцінено 12 зразків вин: по 4 сухих білих вин з винограду сортів Совіньйон Блан, Піно Гріджіо та Рислінг, з яких половина була іноземного виробництва, зокрема з Італії, Німеччини та Іспанії. До вин із винограду сорту Совіньйон Блан належали зразки №1 (Німеччина, Ruppertsberger Weinkeller Hoheburg), №2 (Іспанія, Freixenet), №3 (Україна, ТОВ «Бурнас Вайнері») та №4 (Україна, Pilots Wines, ТОВ «Фірма Дісна»). Вина, виготовлені із сорту Піно Гріджіо представляли зразки №5 (Італія, Cielo e Terra), №6 (Італія, Villa degli Olmi), №7 (Україна, АТ «Коблево») та №8 (Україна, Villa Tinta, Виноробня «Вінхол Бархатне»). Зразки №9 (Німеччина, Peter Mertes), №10 (Німеччина, Württembergische Weingärtner-Zentralgenossenschaft e. G.), №11 (Україна, АТ «Коблево») та №12 (Україна, Villa Tinta, Виноробня «Вінхол Бархатне») відносились до вин із сорту винограду Рислінг. Метод консенсусу та дескрипторний метод сенсорного аналізу ДСТУ ISO 6564:2005 [4] були використані для аналізу органолептичних характеристик вин. За допомогою попередньо складеного дегустаційного листа кожен зразок вина був оцінений за смаком, ароматом, кольором і прозорістю.

Відповідно до отриманих результатів, в ароматі усіх досліджуваних сухих вин з винограду сорту Совіньйон Блан найбільш вираженими були мінеральні та дріжджові відтінки, інтенсивність яких відрізнялась залежно від країни виробництва. Висока інтенсивність кам'янистого тону була виявлена у зразку №2 іспанського виробника Freixenet, найменш відчутна – в українському зразку №4 від ТОВ «Фірма Дісна». Наукові дослідження підтверджують, що мінеральність в ароматі є типовою для вин, виготовлених з винограду сорту Совіньйон Блан [5]. Натомість, інше вітчизняне вино виробника ТОВ «Бурнас Вайнері» відзначилося найбільш яскравими дріжджовими тонами в ароматі, і смак характеризувався найвищою кислотністю. Свіжий хліб, трав'янистість та свіжість були виявлені при аналізі смаку в усіх інших вин з винограду сорту Совіньйон Блан. Усі зразки були солом'яно-світлого кольору без наявних помутніть та осаду, проте зразок №1 (Німеччина, Ruppertsberger Weinkeller Hoheburg) мав найбільш насичені жовті відтінки.

Аромати усіх зразків вин з винограду сорту Піно Гріджіо значно відрізнялися. В італійському зразку №5 були виражені лимонні та пряні тони, а в зразку №6 - трав'янисті та медові. Українські зразки вин характеризувалися фруктовими тонами, особливо зразок №8, в якому були присутні персикові аромати. Дослідження показують, що даним винам властиві квіткові, кісточкові та тропічно фруктові дескриптори [6]. Смаки зразків були різними. Найвища кислотність була притаманна вину з виноробні Cielo e Terra, в якому був виявлений дефект «Pinking» – наявність коричневих або рожевих відтінків у кольорі вина. Вина інших марок мали смаки меду та свіжого хліба без сторонніх домішок та властивим світло-соломяним кольором.

У досліджуваних білих сухих винах з винограду сорту Рислінг лимонні, фруктові, дріжджові і трав'янисті ноти відрізнялися своєю інтенсивністю. Аромати зеленого яблука

були найбільш властиві німецьким зразкам №9 та 10, а зелених овочів – вітчизняним винам, що узгоджується з попередніми дослідженнями [7]. За смаком ноти трави та свіжості були у зразках від компаній Peter Mertes та торгової марки «Коблево», а найбільша кислотність була притаманна усім зразкам, окрім №11. Колір вин із винограду сорту Рислінг був оцінений як світло-жовтий без наявних помутніть.

Таким чином, проведене сенсорне дослідження 12 білих сухих вин, включно з вітчизняними та зарубіжними зразками, показало, що за інтенсивністю аромату та смаку вітчизняні вина суттєво не відрізняються від імпортних аналогів. Отримані дані свідчать, що українські вина можуть конкурувати з міжнародними продуктами за сенсорними характеристиками, проте для підвищення конкурентоспроможності продукції АПК необхідно впроваджувати систематичний органолептичний аналіз на етапі виробництва та контролю якості. Регулярне використання дегустаційних панелей та обґрунтованих методів оцінки дозволить виробникам виявляти ключові атрибути, що впливають на сприйняття вина, та формувати продукцію з бажаними органолептичними властивостями, орієнтовану на сучасного споживача.

Список використаних джерел.

1. Cosme F., Vilela A., Oliveira I., Aires A., Pinto T., Gonçalves B. From Volatile Profiling to Sensory Prediction: Recent Advances in Wine Aroma Modeling Using Chemometrics and Sensor Technologies. *Chemosensors.* 2025. №13(9). С. 337. https://doi.org/10.3390/chemosensors13090337

2. Wine Production – Ukraine 2024 (mill. hl) https://stats.wine/wine-statistics-ukraine?utm_source (дата звернення 09.02.2026).

3. Ukraine Wine Imports Reach €115.6 Million in the First Eight Months of 2025 https://www.vinetur.com/en/2025092691634/ukraine-wine-imports-reach-euro1156-million-in-the-first-eight-months-of-2025.html (дата звернення 09.02.2026).

4. ДСТУ ISO 6564:2005 Дослідження сенсорне. Методологія. Методи створювання спектра флейвору (ISO 6564:1985, IDT). [Чинний від 2006-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 9 с.

5. Wendy Veronica Parr, Jordi Ballester, Dominique Peyron, Claire Grose, Dominique Valentin. Perception of mineral character in Sauvignon blanc wine: inter-individual differences. *Wine Studies*. 2014. № 3(1). С 9-12.

6. Darnal A., Poggesi S., Longo E., Arbore A., Boselli E. Decoding the identity of Pinot Gris and Pinot Noir wines: a comprehensive chemometric fusion of sensory (from dual panel) and chemical analysis. *Foods.* 2023. Vol. 13(1). P. 18.

7. Schüttler A., Friedel M., Jung R., Rauhut D., Darriet P. Characterizing aromatic typicality of Riesling wines: merging volatile compositional and sensory aspects. *Food Research International*. 2015. № 69. С. 26-37.

УДК 631.22:631.171

ЗАСТОСУВАННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Грудовий Р. С.,[1] к.т.н., доц.,
Хоменко С. М.,[2] к.т.н.,
Жуковський Н. Р.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Карпенко М. С.,[2] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

[2]*Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна*

Сучасний машинно-тракторний парк аграрних підприємств України працює в умовах інтенсивних механічних, абразивних, корозійних та втомних навантажень. Деталі сільськогосподарської техніки – вали, шліцьові з'єднання, посадочні місця під підшипники, шийки осей, шестерні, корпусні елементи – зазнають інтенсивного зносу, що призводить до зниження надійності машин, збільшення простоїв та зростання витрат на ремонт і придбання нових вузлів. В умовах збройної агресії, порушення логістики та подорожчання імпортних запасних частин особливого значення набувають технології відновлення деталей, які дозволяють продовжити ресурс дорогих елементів конструкції та знизити собівартість експлуатації техніки.

Однією з перспективних і добре відпрацьованих технологій є застосування гальванічних покриттів для відновлення зношених поверхонь. Гальванічні методи забезпечують формування тонких або середньої товщини функціональних шарів з контрольованими фізико-механічними та триботехнічними властивостями. За рахунок правильно підібраного складу електроліту, режимів осадження та підготовки основи можна не лише компенсувати втрату розмірів, але й підвищити зносостійкість, корозійну стійкість та втомну довговічність деталей, що особливо важливо для агрегатів сільськогосподарської техніки, які працюють у запиленому, вологому та корозійно-активному середовищі.

Гальванічні процеси традиційно використовуються в машинобудуванні для підвищення корозійної стійкості, декоративних властивостей та зносостійкості деталей, а також для відновлення зношених поверхонь валів, отворів та посадочних місць. Найбільш широке застосування отримали покриття на основі нікелю, хрому, заліза, міді, цинку та їхніх сплавів. Нікелеві покриття характеризуються достатньо високою твердістю, гарною адгезією до сталевої основи та задовільною корозійною стійкістю, що робить їх придатними для відновлення шийок валів, посадочних місць під підшипники й елементи гідроагрегатів.

Хромові покриття відрізняються підвищеною твердістю, рекристалізаційною стійкістю та низьким коефіцієнтом тертя, що дозволяє ефективно застосовувати їх для відновлення та зміцнення тертьових поверхонь – плунжерів, гідроштоків, поршневих кілець, деталей гідроциліндрів. Залізні та залізонікелеві покриття використовуються як більш дешеві альтернативи, особливо у випадках, коли необхідно компенсувати значні втрати розмірів при зносі, а також забезпечити задовільну сумісність з основним матеріалом деталі.

У ремонтних майстернях сільськогосподарської техніки гальванічні покриття застосовуються для відновлення деталей тракторів, комбайнів, ґрунтообробних машин, розкидачів органічних добрив та іншого обладнання. Перевагою гальванічного відновлення є можливість локального нанесення покриття, сумісність з іншими методами, а також можливість гнучкого регулювання товщини відновлюваного шару. Разом з тим, важливими є правильна підготовка поверхні, контроль внутрішніх напружень і запобігання водневій крихкості для загартованих сталей та високонавантажених деталей.

За функціональним призначенням гальванічні покриття, що застосовуються при відновленні, можна розділити на такі основні групи:

- розміроутворюючі (компенсаційні) – призначені для відновлення номінальних розмірів та допусків зношених поверхонь;
- зміцнюючі – спрямовані на підвищення твердості, зносостійкості та опору втомі;
- антикорозійні – забезпечують стійкість у агресивному середовищі, характерному для тваринницьких приміщень, внесення добрив, роботи на вологих ґрунтах;
- комбіновані – поєднують функції розміроутворення, зміцнення та антикорозійного захисту.

Найпоширенішими в умовах ремонтних майстерень є нікелеві, хромові, залізні, цинкові та мідні покриття. Нікелеві та хромові покриття використовують як зміцнюючі та розміроутворюючі, залізні – здебільшого як розміроутворюючі з послідуючим термічним або механічним зміцненням, цинкові – переважно як антикорозійні, а мідні – як проміжні шари

для вирівнювання поверхні, заповнення дефектів та покращення адгезії наступних шарів.

Зерниста або волокниста структура гальванічних покриттів визначається складом електроліту, температурою, щільністю струму, швидкістю перемішування та рівнем чистоти розчину. При оптимальних режимах формуються дрібнозернисті шари зі зниженою пористістю та підвищеною міцністю зв'язку з основою. Для деталей, що працюють у парі тертя, важливим є також коефіцієнт тертя, стійкість до схоплювання та збереження мікрогеометрії поверхні після припрацювання.

Одним із найпоширеніших застосувань гальванічних покриттів є відновлення шийок валів електродвигунів, редукторів, приводів робочих органів, а також валів тракторів і комбайнів. Зазвичай використовують нікелеві або залізні покриття товщиною 0,1–0,5 мм, які забезпечують відновлення посадок під підшипники кочення та втулки. Важливо забезпечити концентричність, мінімальне биття та високу чистоту поверхні для запобігання перевантаженню підшипників.

Для штоків гідроциліндрів та плунжерних пар характерні високі вимоги до зносостійкості, корозійної стійкості та малих втрат на тертя. Найчастіше застосовують хромування, яке забезпечує твердість поверхні до 900…1000 HV та низький коефіцієнт тертя при роботі з ущільненнями. Для сільськогосподарської техніки з агресивним середовищем це дозволяє значно підвищити ресурс гідросистем.

Мідні та нікелеві покриття виконують роль компенсаційних шарів у корпусних елементах, втулках, фланцях. Після нанесення покриття проводять розточування та розвертку отворів до необхідного розміру. Такий підхід дозволяє уникнути виготовлення нових корпусів та знижує витрати на ремонт.

Для відновлення бокових поверхонь зубів та шліців гальванічні покриття мають обмежене застосування через складну форму поверхні та ризик нерівномірного осадження шару. Однак у поєднанні зі спеціальними екранами, рухомими анодами та локальними ваннами можливе часткове відновлення зношення, особливо в тих випадках, коли повна заміна зубчастого колеса економічно недоцільна.

Якість гальванічного відновлення в значній мірі визначається станом основи деталі. Залишки мастил, абразиву, корозійних продуктів або оксидних плівок призводять до пор, відшарувань, тріщин та нерівномірної товщини покриття. Тому комплексна підготовка включає:

- механічне очищення (шліфування, дробоструминну або піскоструминну обробку) для створення певної шорсткості та видалення пошкодженого шару;
- хімічне або електрохімічне знежирення, що забезпечує повне видалення органічних забруднень;
- травлення в слабких кислотах для зняття оксидних плівок, активації металу та покращення змочуваності поверхні електролітом;
- контроль шорсткості – надто гладка поверхня може знижувати механічну адгезію, тоді як надто груба – сприяти утворенню пор і нерівномірному осадженню.

Важливо також враховувати склад основного матеріалу. Для низьковуглецевих сталей технологія простіша, тоді як для високолегованих і загартованих сталей необхідна більш ретельна схема активування, а в окремих випадках – проміжні мідні або нікелеві підшари, що покращують зчеплення й запобігають водневій крихкості.

Під час гальванічного осадження частина атомарного водню, що виділяється на катоді, може проникати в металеву основу та покриття, спричиняючи зниження пластичності та крихке руйнування, особливо у загартованих сталях і деталях, що працюють під циклічними навантаженнями. Для сільськогосподарської техніки це актуально для деталей трансмісії, вузлів приводу, елементів ходової частини.

Внутрішні напруження, які виникають в покритті внаслідок неоднорідності структури, градієнтів складу та температури, можуть призводити до мікротріщин, відшарувань та зниження ресурсу. Їх регулювання здійснюється шляхом зміни складу електроліту, введення поверхнево-активних речовин, контролю швидкості осадження та застосування постобробки

(відпал, механічне шліфування, дорнування тощо).

Ефективність гальванічних покриттів при відновленні деталей сільськогосподарської техніки визначається насамперед їхньою зносостійкістю в умовах граничного, змішаного та рідинного тертя. Для робочих органів і вузлів машин АПК характерні змінні режими навантаження, високий рівень вібрацій, наявність абразивних частинок ґрунту та пилу, які потрапляють у зону контакту.

Дослідження показують, що хромові та нікелеві покриття з дрібнозернистою структурою й оптимальною твердістю забезпечують підвищення ресурсу пар тертя у 1,5–3 рази порівняно з необробленими сталями аналогічної марки. При цьому важливий не лише матеріал покриття, а й правильний вибір контртіла (матеріалу пари тертя), режимів змащування та герметизації вузла. У ряді випадків доцільним є застосування комбінованих схем – наприклад, поєднання гальванічного покриття та полімерного шару, що виконує роль антифрикційної прокладки, або використання поверхневої текстурування для утримання мастильного матеріалу.

Робота сільськогосподарської техніки відбувається у середовищі, насиченому вологою, добривами, засобами захисту рослин, продуктами життєдіяльності тварин, що суттєво прискорює корозійні процеси. Гальванічні покриття (цинкові, нікелеві, хромові) виконують важливу роль бар'єрного та, у деяких випадках, протекторного захисту. Цинкові покриття, наприклад, завдяки більш негативному потенціалу відносно сталі, працюють як протектор, «жертвуючи» собою, але запобігаючи корозії основного металу.

Нікелеві та хромові покриття формують щільні пасивуючі плівки, які зменшують швидкість проникнення корозійних агентів до основи. При правильній технології нанесення та відсутності пор ці покриття значно подовжують термін служби деталей у вологому та агресивному середовищі. Для деталей, які періодично контактують з рідкими органічними середовищами (гноївка, силосні стоки), доцільно використовувати багатошарові системи (наприклад, мідь–нікель–хром), які поєднують гарну адгезію, пластичність проміжного шару та високу корозійну стійкість верхнього шару.

Економічна доцільність гальванічного відновлення деталей сільськогосподарської техніки визначається співвідношенням витрат на відновлення та вартості нових деталей, а також очікуваним ресурсом після ремонту. Для дорогих імпортних агрегатів, деталей гідросистем, трансмісії, вузлів точного землеробства відновлення гальванічними методами дозволяє знизити витрати у 2–4 рази порівняно з придбанням нових комплектуючих, зберігаючи при цьому високий рівень надійності.

У ремонтно-обслуговуючих підприємствах доцільно мати хоча б одну універсальну гальванічну установку, зорієнтовану на відновлення найтиповіших деталей (валів, шийок, штоків, посадочних місць). При серійному виконанні робіт та правильній організації технологічного процесу собівартість відновлення суттєво знижується завдяки ефекту масштабу, зменшенню часу простою техніки й скороченню витрат на логістику запасних частин.

Гальванічні покриття є ефективним інструментом відновлення деталей сільськогосподарської техніки, що дозволяє компенсувати знос, підвищити зносостійкість і корозійну стійкість, а також продовжити ресурс дорогих вузлів та агрегатів. Найбільшого поширення в умовах ремонтних майстерень набули нікелеві, хромові, залізні, мідні та цинкові покриття, кожне з яких виконує свою функцію – від розміроутворюючої до антикорозійної. Якість відновлених деталей значною мірою залежить від підготовки поверхні, правильного вибору режимів осадження, контролю внутрішніх напружень та запобігання водневій крихкості. У порівнянні з альтернативними методами (наплавлення, газотермічне напилювання, полімерні композити) гальванічні технології характеризуються низькою температурою процесу, високою точністю відновлення розмірів та можливістю формувати функціональні покриття з заданими властивостями, але обмежені максимальною товщиною шару та вимогами до екологічної безпеки. Впровадження сучасних підходів – імпульсного електролізу, композитних покриттів, автоматизованих систем керування та екологічно безпечних електролітів – створює реальні передумови для підвищення ефективності й

конкурентоспроможності ремонтно-обслуговуючої бази аграрного сектору. Розвиток технологій гальванічного відновлення в поєднанні з іншими методами поверхневого зміцнення та відновлення дозволить забезпечити комплексний підхід до продовження ресурсу сільськогосподарської техніки та зниження витрат на її експлуатацію в умовах сучасних економічних та технічних викликів.

УДК 631.333:631.559:629.7.05

ПОЗАКОРЕНЕВЕ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АГРОДРОНІВ

Мручак А., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

У контексті зростаючих викликів продовольчої безпеки та впливу змін клімату на аграрне виробництво, підвищення ефективності аграрної діяльності набуває особливої важливості, зокрема шляхом оптимізації живлення рослин. Одним із перспективних методів є позакореневе підживлення, яке дозволяє швидко й ефективно доставляти поживні речовини до рослин, особливо в періоди, коли поглинання елементів живлення з ґрунту є обмеженим [1]. Така операція зазвичай здійснюється за допомогою обприскувачів, що рухаються по технологічних коліях. Однак, із розвитком вегетативної маси, рослини змикаються над коліями, що ускладнює їх використання та призводить до пошкодження рослин. Враховуючи це, застосування агродронів для виконання цієї операції є доцільним і перспективним рішенням.

Ефективність використання агродронів для позакореневого підживлення сільськогосподарських культур має кілька переваг [2]. Однією з основних є здатність дронів точно копіювати поверхню росту рослин та рельєф поля, автоматично підтримуючи задану висоту польоту, що забезпечує стабільність і рівномірність обробки. Це гарантує рівномірне і точне нанесення добрив на рослини, що сприяє їх оптимальному розвитку. Окрім того, відсутність необхідності в традиційних технологічних коліях дозволяє мінімізувати механічне пошкодження рослин, що часто виникає при використанні наземної техніки. Іншою важливою перевагою є можливість точно контролювати розмір краплі під час обробітку, що забезпечує більш ефективне і рівномірне розподілення добрив, зменшуючи витрати води. Під час обробки 1 га посівів агродрон використовує в середньому 15–25 л води залежно від культури та фази розвитку рослин. За рахунок малооб'ємного обприскування та формування дрібнодисперсної краплі забезпечується достатній рівень покриття листкової поверхні при зменшенні витрат води на 80–90 % порівняно з традиційними наземними обприскувачами. Це особливо актуально на великих площах, де водопостачання може бути обмежене.

Крім того, агродрони можуть ефективно обробляти навіть важкодоступні ділянки у полі, забезпечуючи якісне та продуктивне обприскування у складних для доступу умовах (схили, перезволожені ґрунти, локальні ділянки поля), із точністю внесення 90–95 % та продуктивністю 8–12 га/год, що істотно розширює можливості для застосування позакореневого підживлення в різних агротехнічних умовах. У цьому контексті агродрони демонструють високу гнучкість, точність і здатність виконувати складні операції, що підвищує ефективність агрономічних практик і зменшує їхній негативний вплив на навколишнє середовище.

Позакореневе підживлення є ефективним способом оптимізації живлення рослин, а використання агродронів підвищує економічність і продуктивність цього процесу завдяки зниженню енерговитрат і відсутності втрат урожаю від витоптування.

Список використаних джерел

1. Демянюк О. П. Позакореневе підживлення як ефективний спосіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Полтава: Інститут агроекології і природокористування НААН, 2025. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2025.345451

2. Використання агродронів в сільському господарстві: все, що потрібно знати URL: https://storgom.ua/ua/novosti/ispolzovanie-agrodronov-v-selskom-hozyaj stve.html (дата звернення 16.01.2026).

Науковий керівник: Диня В. І., к.т.н., доц.

УДК 631.51

ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ: ВИДИ, ЗАСТОСУВАННЯ, ПЕРЕВАГИ Й НЕДОЛІКИ

Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Маліновський О. А., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мельничук М. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Онуфрієнко О. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Кравченко А. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Обробіток ґрунту є базовим елементом технології вирощування сільськогосподарських культур, оскільки він формує умови для проростання насіння, розвитку кореневої системи, регулювання водно-повітряного режиму та контролю бур'янів. Традиційно в землеробстві домінував полицевий обробіток з оборотом пласта, що забезпечує добре розпушення й загортання рослинних решток, але водночас сприяє деградації структури, ущільненню нижніх горизонтів, зниженню вмісту органічної речовини та посиленню ерозійних процесів.

Глобальні виклики – зміна клімату, зростання вартості енергоносіїв, дефіцит трудових ресурсів, необхідність збереження родючості ґрунтів – стимулюють пошук і впровадження консерваційних систем обробітку: мінімального, нульового, смугового, вертикального. Дослідження показують, що за правильного використання такі технології здатні суттєво зменшити втрати ґрунту від ерозії, скоротити споживання пального та підвищити стабільність врожаїв в умовах дефіциту вологи.

Загалом системи обробітку ґрунту класифікують за ступенем інтенсивності механічного впливу та збереження поверхневих рослинних решток:

Традиційний (полицевий) обробіток – багатоопераційна система з глибокою оранкою на 20–30 см, наступними культиваціями, боронуванням, передпосівним вирівнюванням.

Мінімальний обробіток – скорочена кількість проходів техніки та зменшення глибини розпушення, частіше без обороту пласта, з більшим збереженням стерні.

Нульовий обробіток (No-till) – відсутність традиційного механічного обробітку; висів здійснюється спеціальними сівалками безпосередньо по мульчованій поверхні.

Консерваційний обробіток – узагальнює мінімальний, нульовий, мульчувальний, смуговий, гребеневий (ridge-till) та інші технології, за яких на поверхні зберігається не менше 30 % рослинних решток після посіву.

Смуговий обробіток (Strip-till) – розпушення тільки вузьких смуг у зоні майбутнього рядка, тоді як міжряддя залишаються недоторканими.

Вертикальний обробіток (Verti-till, DVRT) – поверхневе або глибоке розпушення з мінімальним горизонтальним переміщенням ґрунту, спрямоване на руйнування ущільнених шарів та поліпшення інфільтрації води.

Полицева оранка з оборотом пласта історично сформувалася як основний спосіб боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами, а також як засіб заробки пожнивних решток і добрив. Вона забезпечує: глибоке розпушення орного шару; механічне знищення бур'янів і часткове руйнування їх кореневищ; загортання насіння бур'янів на глибину, де воно не проростає; формування вирівняного посівного шару після подальших культивацій.

Разом з тим дослідження показують, що тривале переважання інтенсивного полицевого обробітку веде до: руйнування ґрунтових агрегатів і структурних зв'язків; формування «плужної підошви» – ущільненого шару нижче глибини оранки; прискореного мінералізаційного розкладу гумусу; збільшення ризику вітрової та водної ерозії, особливо на схилах та легких ґрунтах.

Енергетичним недоліком полицевої системи є значні витрати пального та зношування техніки, оскільки оранка – одна з найважчих за тяговим опором операцій у землеробстві. В умовах зростання цін на енергоносії це суттєво підвищує собівартість продукції.

Кожна система має власний набір машин і знарядь, специфічну структуру операцій та різний вплив на агрофізичні властивості ґрунту, водний режим і біологічну активність.

Мінімальний обробіток ґрунту спрямований на часткову відмову від глибокої оранки з заміною її безполицевими знаряддями (чизельні плуги, плоскорізи, комбіновані агрегати) та зменшенням кількості проходів по полю. Основні ознаки мінімального обробітку: глибина розпушення часто зменшується до 8–15 см; частина пожнивних решток зберігається на поверхні; комбіновані агрегати дозволяють за один прохід виконувати декілька операцій (розпушення, подрібнення, вирівнювання).

Переваги мінімального обробітку: скорочення витрат пального та часу на гектар; менше ущільнення ґрунту завдяки зменшенню кількості проходів; частковий протиерозійний ефект за рахунок рослинних решток; можливість гнучко комбінувати глибини й інтенсивність залежно від культури та попередника.

Нульовий обробіток передбачає повну відмову від традиційних операцій основного та передпосівного обробітку. Одночасно на поверхні поля зберігається суцільний шар мульчі з рослинних решток, а висів здійснюється спеціалізованими сівалками прямої сівби.

Серед основних переваг No-till дослідники виділяють: різке зниження ерозії завдяки постійному рослинному покриву (у ряді випадків – до 80–90 % порівняно з оранкою); накопичення та збереження ґрунтової вологи, що особливо важливо в посушливих регіонах; поступове зростання вмісту органічної речовини та активності ґрунтової біоти; зменшення витрат пального, часу та кількості задіяної техніки; потенціал для скорочення викидів CO_2 та часткового зв'язування вуглецю в ґрунті.

Водночас нульовий обробіток має і суттєві обмеження: складність контролю бур'янів без механічного розпушення, що часто призводить до збільшення використання гербіцидів; підвищений ризик розвитку хвороб і розмноження шкідників у шарі рослинних решток; повільніше прогрівання й підсушування верхнього шару ґрунту навесні, що звужує оптимальні строки сівби; високі вимоги до точності технології, рівномірності розподілу решток, якості сівалок і системи живлення культур.

Для умов України перспективним є диференційований підхід. Перехід на No-till у зонах недостатнього зволоження та на схилах, поєднання його з мінімальним обробітком залежно від культури, ґрунту та можливостей господарства.

Strip-till поєднує елементи традиційного та нульового обробітку: розпушується лише вузька смуга в зоні рядка, де створюється добре аерований посівний шар, а міжряддя залишаються вкритими рештками.

Ключові переваги: збереження 60–75 % рослинних решток на поверхні, що суттєво зменшує ерозію; локальне розпушення й прогрівання ґрунту в зоні рядка, що забезпечує кращі стартові умови для культури порівняно з No-till; можливість одночасного внесення добрив у смугу, що підвищує ефективність живлення і зменшує втрати поживних речовин; зменшення витрат пального у порівнянні з повною оранкою (до 40–50 % за даними окремих досліджень).

Недоліки Strip-till: висока вартість і технологічна складність спеціалізованих агрегатів;

потреба в точному дотриманні схеми руху (система навігації, RTK); ризик формування ущільнених зон у міжрядді за неправильно підібраних режимів роботи й надмірної вологості ґрунту.

Вертикальний обробіток ґрунту передбачає руйнування ущільнених шарів і перемішування верхнього горизонту без інтенсивного перевертання пласта. Використовуються дискові, зубові або роторні знаряддя, що створюють переважно вертикальні тріщини й ходи для коренів та води.

Переваги вертикального обробітку, підтверджені дослідженнями: зменшення щільності ґрунту та усунення «плужної підошви»; поліпшення інфільтрації води та зниження поверхневого стоку; стимулювання вертикального росту коренів і підвищення стійкості рослин до посухи; прискорення розкладу рослинних решток без повного оголення поверхні; можливість інтеграції в системи консерваційного землеробства як періодичний «оздоровчий» обробіток.

Сучасні технології обробітку ґрунту формують спектр рішень – від традиційної полицевої оранки до повної відмови від механічного розпушення в системі No-till. Кожна з них має як агротехнічні переваги, так і суттєві обмеження. Тривале застосування інтенсивного полицевого обробітку без урахування ерозійної небезпеки призводить до деградації структури ґрунту, втрати гумусу, зростання енерговитрат і викидів вуглецю, що робить необхідним перехід до консерваційних систем. Мінімальний обробіток є важливим проміжним етапом, який дозволяє господарствам знизити енерговитрати та підвищити стійкість ґрунтів без кардинальної зміни всієї технології, забезпечуючи гнучке поєднання різних типів знарядь і глибин. Нульовий обробіток (No-till) і смуговий Strip-till демонструють високий потенціал збереження вологи, зниження ерозії та підвищення ефективності використання ресурсів, однак вимагають комплексної адаптації всієї системи землеробства – від сівозмін і добрив до захисту рослин та організації парку техніки. Вертикальний обробіток (Verti-till, DVRT) доцільно розглядати як інструмент періодичної корекції стану ґрунту в консерваційних системах, що дозволяє управляти ущільненням і водним режимом без відмови від поверхневого рослинного покриву. Оптимальна система обробітку ґрунту має бути диференційованою – з урахуванням особливостей ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу, структури посівних площ, технічного забезпечення та економічних можливостей конкретного господарства. Обґрунтоване поєднання різних технологій – ключ до довгострокового збереження родючості ґрунтів і підвищення стійкості агровиробництва.

УДК 621.43:662.767

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВЗАЄМОДІЇ БІОМЕТАНУ З ІНШИМИ ПАЛИВНИМИ КОМПОНЕНТАМИ В ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Дацюк. Д. А., PhD, старший викладач
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Сучасні тенденції декарбонізації енергетики та транспорту зумовлюють активне впровадження відновлюваних видів палива, зокрема біометану, який за фізико-хімічними властивостями є близьким до природного газу та може використовуватися у двигунах внутрішнього згоряння без суттєвих конструктивних змін [1]. Водночас додавання біометану до традиційних паливних компонентів (природного газу, водню, зрідженого нафтового газу) змінює кінетику хімічних реакцій, швидкість згоряння, характер тепловиділення та умови формування полум’я, що потребує комплексного дослідження динаміки їх взаємодії.

Визначення швидкості реакції сумішевого згоряння біометану з іншими компонентами

базується на аналізі механізмів окиснення метану та супутніх домішок, а також на оцінці активаційної енергії процесу. Зміна концентрації біометану в паливній суміші впливає на індукційний період займання, температуру полум'я та коефіцієнт надлишку повітря.

Експериментальні та чисельні дослідження показують, що підвищення частки біометану сприяє більш рівномірному протіканню реакції, зменшенню локальних температурних піків та зниженню емісії оксидів азоту [2].

Особливу увагу приділено оцінці енергетичних втрат у процесі згоряння. Тепловий баланс двигуна формується за рахунок корисної роботи, втрат з відпрацьованими газами, тепловідведення через стінки циліндра та неповного згоряння палива. Включення біометану до складу суміші змінює швидкість тепловиділення та коефіцієнт теплопередачі, що безпосередньо впливає на індикаторний та ефективний коефіцієнти корисної дії двигуна [3]. Аналіз динаміки теплових процесів дозволяє визначити оптимальне співвідношення

компонентів для мінімізації втрат енергії.

Крім того, дослідження стабільності горіння є важливим аспектом забезпечення надійної роботи двигуна. Біометан характеризується високим октановим числом та стійкістю до детонації, що сприяє розширенню меж збідненого горіння. Це дозволяє підвищити екологічні показники та покращити тепловий режим роботи двигуна. Водночас надмірне збіднення суміші може призвести до нестійкості полум'я та зниження потужності, що потребує оптимізації параметрів упорскування та запалювання.

Отже, комплексне дослідження динаміки взаємодії біометану з іншими паливними компонентами дає змогу визначити швидкість реакції згоряння, оцінити енергетичні втрати та встановити вплив біометану на стабільність горіння й тепловий баланс двигуна. Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності та екологічності двигунів внутрішнього згоряння, що працюють на газових паливних сумішах.

Список використаних джерел

1. Ryckebosch E., Drouillon M., Vervaeren H. Techniques for transformation of biogas to biomethane. *Biomass and Bioenergy*. 2011. Vol. 35(5). P. 1633–1645. https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.033

2. Калетнік Г. М., Пришляк В. М. Біопалива: ефективність їх виробництва та споживання в агропромисловому комплексі України. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2010. 312 с.

3. Марченко А. П., Парсаданов І. В. Двигуни внутрішнього згоряння: теорія робочих процесів. Харків: НТУ «ХПІ», 2014. 384 с.

УДК 631.372:634

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Савченко В. М.[1], к.т.н., доц.,
Шевчук О. А.[2], викладач,
Завадський В. В.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Омельчук О. В.[2], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Садівництво є однією з найбільш трудомістких галузей аграрного виробництва, для якої характерні сезонність робіт, висока потреба в кваліфікованій ручній праці та жорсткі вимоги до якості виконання технологічних операцій. Посилення конкуренції на світовому ринку плодово-ягідної продукції, зростання витрат на робочу силу й енергоресурси, а також потреба

забезпечення стабільно високої якості плодів зумовлюють необхідність переходу до інтенсивних та високотехнологічних форм господарювання. За таких умов роботизовані комплекси розглядаються як один із ключових інструментів підвищення ефективності та стійкості галузі садівництва.

Розвиток сенсорних систем, комп'ютерного зору, штучного інтелекту та автономних мобільних платформ створює передумови для широкого застосування роботизованих систем на всіх етапах виробництва продукції садівництва – від закладання та догляду за насадженнями до збирання урожаю, сортування й внутрішньогосподарської логістики. Водночас специфічні умови роботи в садах – складний рельєф, густота насаджень, мінливість погодних умов, біологічна варіабельність плодів – висувають підвищені вимоги до конструкції, надійності й інтелектуальної «гнучкості» роботів.

Традиційно механізація садівництва ґрунтується на використанні тракторів, навісних та причіпних машин для виконання ґрунтообробних, доглядових, транспортних і частково збиральних операцій. Значна частина технологічних процесів, насамперед обрізування дерев, зелені операції, ручне збирання вибіркових плодів високої якості, досі залишається залежною від ручної праці. Це обумовлено складністю автоматизації операцій, що потребують високої точності, селективності та «делікатного» контакту з рослиною чи плодом.

Упродовж останніх десятиліть у світі активно розвиваються системи автоматизованого моніторингу стану садів на основі безпілотних літальних апаратів, наземних мобільних платформ, сенсорних мереж і геоінформаційних технологій. Вони дозволяють отримувати детальну інформацію про стан ґрунту, листкової поверхні, інфекційне навантаження, розвиток плодів та рівень стресу рослин. Однак повноцінний перехід від автоматизованого моніторингу до автономного виконання технологічних операцій вимагає впровадження роботизованих комплексів, які поєднують сенсори, системи прийняття рішень і виконавчі механізми.

У промисловому садівництві багатьох країн уже випробовуються й впроваджуються роботи для збирання яблук, персиків, ягід, дистанційно керовані й автономні платформи для обприскування, роботи для обрізування, а також автоматизовані транспортні системи. Ці рішення поки що є відносно дорогими, але демонструють тенденцію до здешевлення й зростання рівня технічної досконалості. Для України, яка має значний потенціал розвитку інтенсивного садівництва, питання адаптації й розвитку власних роботизованих комплексів набуває стратегічного значення.

Роботизований комплекс у садівництві доцільно розглядати як інтегровану систему, що включає мобільну платформу (колісну, гусеничну або рейкову), блок сенсорів для сприйняття навколишнього середовища та стану рослин, інтелектуальну систему управління й виконавчі механізми, призначені для виконання конкретних агротехнологічних операцій. До складу комплексу можуть також входити модулі зв'язку, навігації, енергозабезпечення та інтерфейси інтеграції з іншими системами «розумного» саду.

За функціональним призначенням розрізняють моніторингові роботи, роботи для виконання доглядових операцій (обприскування, внесення добрив, обрізування), збиральні роботи, транспортно-логістичні системи та комплексні багатофункціональні платформи з можливістю швидкої заміни робочих модулів. Такий підхід відкриває шлях до створення універсальних роботизованих систем, здатних працювати впродовж усього сезону, що важливо з огляду на підвищення коефіцієнта використання техніки.

Моніторинг є базовим елементом концепції точного садівництва, оскільки саме на основі достовірних даних про стан насаджень формується стратегія управління ними. Роботизовані платформи, оснащені комплексом сенсорів (RGB-камери, мульти- та гіперспектральні камери, лідари, тепловізори, датчики вологості й температури ґрунту, метеодатчики), здатні з високою просторово-часовою роздільністю збирати інформацію в автоматизованому режимі.

На відміну від традиційних ручних вимірювань або нерегулярного залучення безпілотних літальних апаратів, наземні роботи можуть виконувати моніторинг «ближньої зони» рослин – фіксувати стан листкової поверхні, мікроклімат у кроні, локальні пошкодження, поодинокі плоди чи суцвіття. Завдяки алгоритмам комп'ютерного зору та

машинного навчання такі системи здатні розпізнавати ознаки хвороб, шкідників, дефіциту елементів живлення, пошкоджень від заморозків або градобоїв.

Зібрані дані інтегруються в геоінформаційні системи та сервіси управління садом, де формуються карти просторової неоднорідності врожайності, стану рослин та ризиків розвитку хвороб. Це створює основу для диференційованого управління агротехнологіями й підготовки завдань для інших роботизованих комплексів – наприклад, систем локального внесення засобів захисту чи добрив.

Серед доглядових операцій у садівництві значну частку займають обприскування й внесення засобів захисту рослин, регуляторів росту, удобрення по листку, боротьба з бур'янами та формування крони шляхом обрізування. Класичні технології базуються на використанні вентиляторних обприскувачів, причіпних розкидачів та ручної праці. Вони часто супроводжуються надлишковим витрачанням препаратів, нерівномірним покриттям крони, підвищеним ризиком хімічного навантаження на персонал і навколишнє середовище.

Роботизовані комплекси дозволяють реалізувати концепцію точкового, об'єктно-орієнтованого внесення хімічних засобів та добрив. Завдяки сенсорам та системам виявлення листкової поверхні й плодів робот може регулювати витрату робочого розчину залежно від густоти крони, фази розвитку та фактичної потреби рослин. Це сприяє суттєвому зниженню пестицидного навантаження, економії ресурсів і зменшенню ризику резистентності патогенів.

Окремий напрям становлять роботи для обрізування дерев. Вони оснащуються маніпуляторами з різальними органами, здатними позиціонуватися в просторі крони на основі оцінки її структури за даними 3D-сканування або стереозору. Інтелектуальні алгоритми формують стратегію обрізування з урахуванням бажаної форми крони, віку дерева, сорту та цільової продуктивності. Поки що такі системи перебувають на стадії активних досліджень і демонстраційних зразків, однак їх розвиток є логічним продовженням роботизації садівництва.

Збирання плодів – одна з найскладніших для автоматизації операцій у садівництві. Вона вимагає одночасного вирішення низки задач: виявлення плодів у складній структурі крони, оцінки їхньої стиглості та якості, планування траєкторій руху маніпулятора, делікатного захоплення й відділення плодів від гілок, розміщення їх у тарі без пошкоджень. Додатковим ускладненням є необхідність працювати в умовах змінного освітлення, вітру, коливання гілок і неоднорідності забарвлення плодів.

Сучасні прототипи роботів-збирачів плодів, як правило, використовують комбінацію систем комп'ютерного зору, маніпуляторів з декількома ступенями вільності та спеціалізованих захоплювачів (м'які пневматичні «пальці», вакуумні присоски, комбіновані механізми). Частина рішень передбачає кооперацію декількох роботів або робота та платформи-носія тари. У разі роботи в інтенсивних садах із карликовими підщепами завдання дещо спрощується завдяки більш компактній кроні та рівномірнішому розміщенню плодів.

Хоча швидкість роботи роботизованих збиральних систем поки поступається досвідченим збирачам, вони мають низку суттєвих переваг: можливість працювати в нічний час, стабільну якість операцій, відсутність втоми й людського фактору, потенційну інтеграцію з системами сортування й маркування плодів безпосередньо в саду. У перспективі це дозволить скоротити кількість ручних операцій, підвищити передбачуваність термінів збирання й зменшити втрати врожаю від запізнілого збирання.

Внутрішньогосподарська логістика – транспортування тари, плодів, засобів захисту, добрив, інструментів – становить вагому частку витрат часу та ресурсів у садівництві. Традиційно вона забезпечується використанням тракторів, причепів, мінінавантажувачів та іншої колісної техніки. Роботизація цієї сфери пов'язана з впровадженням автономних транспортних платформ (AGV – automated guided vehicles), здатних пересуватися міжряддями саду за наперед заданими маршрутами або в режимі адаптивної навігації.

Такі системи можуть здійснювати доставку тари до робітників або роботів-збирачів, здійснювати автоматичне перевантаження плодів до основних транспортних засобів, забезпечувати підвезення засобів захисту й добрив до робота-обприскувача чи

мультифункціональної платформи. У підсумку скорочуються простої основних машин, зменшується потреба в операторах транспортних засобів, оптимізується логістика на рівні всієї посадкової ділянки.

Інтеграція роботизованих транспортних систем із центральною системою управління господарством дає змогу реалізувати принципи «розумного» складування й логістики: планування маршрутів залежно від інтенсивності робіт у різних кварталах саду, погодних умов, технічного стану машин, пріоритетності перевезень та обмежень щодо навантаження доріг.

Ефективність використання роботизованих комплексів значною мірою визначається рівнем інтеграції з інформаційними системами господарства. Дані, що генеруються роботами в процесі моніторингу й виконання операцій, мають накопичуватися в єдиній базі, з якої формуються аналітичні звіти, карти й прогнози. Системи підтримки прийняття рішень використовують ці дані для обґрунтування параметрів і режимів роботи техніки, планування агротехнічних заходів, оцінювання економічної доцільності тих чи інших технологічних рішень.

У цьому контексті роботизовані комплекси розглядаються не як окремі машини, а як елементи кіберфізичної системи «розумного саду», де відбувається постійний обмін інформацією між датчиками, виконавчими механізмами, обліковими й управлінськими програмами. Використання хмарних сервісів та технологій «Інтернету речей» забезпечує дистанційний доступ до даних і можливість оперативного коригування робіт.

Важливе значення має стандартизація протоколів обміну даними, відкритість інтерфейсів та сумісність обладнання різних виробників, що дозволяє поступово розширювати й модернізувати роботизовану інфраструктуру садівництва без повного оновлення парку машин.

Впровадження роботизованих систем у садівництві забезпечує комплексний ефект, який проявляється в технічній, економічній, екологічній та соціальній площинах. З технічної точки зору роботи дозволяють підвищити точність і повторюваність операцій, зменшити вплив людського фактору та варіабельність якості виконання робіт. Вони здатні працювати в складних погодних умовах і в нічний час, що розширює «вікно» для проведення критично важливих операцій, зокрема обприскування й збирання.

Економічні переваги пов’язані зі зниженням витрат на ручну працю, оптимізацією використання ресурсів (засобів захисту, добрив, палива), скороченням втрат врожаю та підвищенням середньої якості продукції, що дає змогу реалізовувати її за вищою ціною. Роботизація сприяє кращому прогнозуванню виробничих результатів і плануванню завантаження потужностей переробки й зберігання.

Екологічний ефект проявляється через зменшення пестицидного навантаження, цільове внесення добрив, скорочення кількості поїздок техніки по полю, а також можливість ширшого використання електричних приводів і акумуляторних джерел живлення, що знижує викиди вуглекислого газу. Соціальний аспект полягає в зменшенні частки важкої, монотонної й небезпечної праці, що створює можливості для формування нових кваліфікацій – операторів, інженерів із сервісу роботизованих систем, аналітиків даних.

Тенденції розвитку сучасного садівництва – перехід до інтенсивних насаджень на карликових підщепах, використання шпалерних систем, краплинного зрошення, мульчування міжрядь – створюють сприятливі умови для впровадження роботів. Уніфікація просторової структури саду, зменшення висоти дерев, стандартизація ширини міжрядь спрощують задачі навігації та маніпулювання.

Перспективним напрямом є створення модульних роботизованих платформ, на які можуть установлюватися різні робочі модулі залежно від сезону й технологічних потреб: обприскувачі, обрізувальні модулі, захоплювачі для збирання, транспортні системи. Це дозволяє підвищити рентабельність експлуатації за рахунок цілорічного завантаження.

Надалі очікується зростання ролі кооперації між господарствами та сервісними компаніями, що надаватимуть роботизовані комплекси й відповідні послуги за моделлю

«робот як сервіс». Такий підхід може суттєво знизити бар'єр входу й забезпечити доступ до високих технологій навіть невеликим виробникам.

Україна має значний потенціал розвитку інтенсивного садівництва завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам і традиціям вирощування плодових культур. Водночас галузь стикається з дефіцитом сезонної робочої сили, високою конкуренцією на ринку та потребою підвищення якості продукції для виходу на вимогливі експортні ринки. У цих умовах роботизація може стати одним з ключових інструментів підвищення конкурентоспроможності.

Для українських виробників додатковими аргументами на користь роботизованих систем є можливість скорочення витрат на засоби захисту та добрива, підвищення точності їхнього внесення, адаптація до змін клімату, зокрема збільшення частоти екстремальних погодних явищ. Існують передумови для розвитку власних інженерних рішень на основі кооперації аграрних підприємств, машинобудівних та IT-компаній, а також закладів вищої освіти та наукових установ.

Особливо перспективним є поєднання вітчизняних розробок у сфері мобільних платформ та механічних робочих органів із програмним забезпеченням і системами комп'ютерного зору, створеними українськими IT-компаніями. Така синергія може забезпечити адаптацію роботизованих комплексів до місцевих умов, зменшення вартості та спрощення сервісного обслуговування.

Роботизовані комплекси в садівництві є ключовим елементом переходу до високотехнологічного, ресурсоефективного й екологічно орієнтованого виробництва плодової продукції. Вони відкривають можливості для радикального зниження частки важкої ручної праці, підвищення точності й стабільності виконання технологічних операцій, оптимізації використання засобів захисту й добрив, зменшення втрат врожаю та підвищення якості продукції.

Попри наявні технічні, економічні й організаційні бар'єри, динаміка розвитку робототехніки, сенсорики та цифрових технологій свідчить про неминучість поступового розширення сфери застосування роботизованих систем у садівництві. Для України це створює вікно можливостей для формування власної екосистеми роботизованого садівництва, що поєднуватиме інженерні, IT- та аграрні компетенції.

Перспективними напрямами подальших досліджень і практичних розробок є створення модульних багатофункціональних роботизованих платформ, удосконалення інтелектуальних систем моніторингу й управління технологічними процесами, розробка методів інтеграції роботів у виробничо-логістичні системи господарств та формування моделей економічної доцільності їхнього впровадження. Реалізація цих завдань сприятиме зміцненню конкурентоспроможності вітчизняного садівництва на внутрішньому й світовому ринках та підвищенню стійкості галузі в умовах глобальних викликів.

УДК 631.8:631.5

ПЕРСПЕКТИВНІ СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Шмагун М. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Островський О. Ю., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Крижанівський М. С., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Скок М. С., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Мінеральні добрива залишаються одним з ключових чинників інтенсифікації рослинництва, оскільки саме вони забезпечують оперативне поповнення запасів доступних форм азоту, фосфору, калію та мікроелементів у ґрунті. Однак традиційні підходи до їх внесення, орієнтовані на усереднені норми для поля, часто супроводжуються низьким коефіцієнтом використання елементів живлення, значними втратами азоту у вигляді аміаку й оксидів азоту, вимиванням нітратів та ризиками евтрофікації водойм.

Зростання вартості добрив, посилення екологічних вимог, а також впровадження концепції сталого землеробства стимулюють пошук більш ефективних і водночас безпечних способів їх застосування. У цих умовах перспективними є технології, які поєднують: просторово-диференційоване внесення добрив відповідно до неоднорідності ґрунтів та посівів; використання добрив із керованою швидкістю вивільнення поживних речовин; інтеграцію процесів внесення з системами зрошення, мінімального обробітку та роботизованими платформами; цифровий моніторинг стану рослин і ґрунту у реальному часі.

У багатьох країнах світу, включно з Україною, переважає практика суцільного поверхневого внесення мінеральних добрив з орієнтацією на середню рекомендовану норму для певної культури й ґрунтово-кліматичної зони. Такий підхід не враховує істотну просторову неоднорідність родючості ґрунту, вологозабезпечення, рельєфу та щільності посівів навіть у межах одного поля. Це призводить до локального надлишку добрив на одних ділянках і дефіциту – на інших, що знижує ефективність витрат і загрожує екологічними ризиками. Особливо гостро питання втрат азоту стоїть при поверхневому внесенні сечовини. Частина азоту втрачається внаслідок процесу гідролізу та аміачної сублімації, що знижує ефективність добрив і сприяє забрудненню атмосфери та опосередковано – водних екосистем.

Крім того, традиційні технології внесення часто орієнтовані переважно на підвищення урожайності й недостатньо враховують показники якості продукції, баланс органічної речовини в ґрунті та довгострокову екологічну стабільність агроландшафтів. Це зумовлює необхідність переходу до більш «інтелектуальних» способів внесення мінеральних добрив, які забезпечують високу ефективність використання поживних елементів за умови мінімізації втрат.

Одним із найбільш перспективних напрямів є застосування систем просторово-диференційованого внесення добрив (Variable Rate Application, VRA) у рамках технологій точного землеробства. Сутність VRA полягає в тому, що норма добрив для кожної ділянки поля визначається з урахуванням її конкретних характеристик – результатів ґрунтової діагностики, карт урожайності, супутникових або дронових знімків, рельєфу, історії обробітку тощо.

Практичні дослідження показують, що застосування VRA дозволяє знизити загальну витрату мінеральних добрив без зменшення, а часто – з підвищенням урожайності, за рахунок перерозподілу ресурсів на користь зон з вищим потенціалом продуктивності.

Іншим перспективним напрямом є удосконалення просторового розміщення добрив у ґрунтовому профілі. Локальне та стрічкове внесення передбачають розміщення гранул добрив у безпосередній близькості до насіння або кореневої системи (у рядок, під рядок, між рядками), що забезпечує: підвищення доступності поживних речовин у критичні фази росту; зменшення контакту добрив з ґрунтом і, відповідно, фіксації фосфору та втрат азоту; можливість зниження загальних норм внесення за рахунок кращої адресності.

Особливу увагу привертає поєднання локального внесення з технологією strip-till, де добрива розміщуються в зоні майбутнього рядка при мінімальному загальному обробітку ґрунту. Такий підхід дозволяє одночасно зменшити ерозійні втрати, зберегти вологу та забезпечити високий рівень живлення рослин у зоні кореневої системи. Локально-стрічкове внесення є особливо ефективним для фосфорних і калійних добрив, які потребують точного розміщення для підвищення коефіцієнта їх використання. Для азотних добрив перспективними є технології ін’єкційного внесення у смуги або в глибші шари ґрунту, що знижує втрати азоту через випаровування.

Ефективність способу внесення тісно пов’язана з фізико-хімічними властивостями самих

добрив. Упродовж останніх десятиліть активно розвиваються контрольовано-вивільнювані добрива (Controlled-Release Fertilizers, CRF), до яких належать полімерно- або сіркооболонкові гранули, що поступово віддають поживні речовини протягом тривалого періоду.

Фертигація – це спосіб, за якого розчини мінеральних добрив подаються до кореневої зони рослин разом з поливною водою через системи краплинного або дощувального зрошення. Цей метод вважається одним з найбільш перспективних для інтенсивних садів, овочевих культур, ягідників і тепличних комплексів, оскільки забезпечує: високу рівномірність розподілу поживних речовин; можливість дуже точного дозування мінеральних добрив залежно від фази росту культури; оперативну корекцію складу живлення на основі результатів аналізу ґрунту та рослин.

Технічний розвиток фертигаційних систем включає використання автоматизованих дозаторів, електропровідніснихі pH-датчиків у поливній воді, а також дистанційно керованих блоків управління. У поєднанні з VRA фертигація дає змогу створювати полігональні зони живлення навіть в межах одного поливного контуру.

Позакореневе внесення мінеральних добрив (листкове підживлення) не є альтернативою ґрунтовим способам, але виступає важливим доповненням у системі інтенсивного живлення культур. Оптимальне поєднання ґрунтових, фертигаційних і позакореневих підживлень дозволяє: швидко усувати симптоми дефіциту мікроелементів; підвищувати стійкість рослин до стресових умов; формувати якісні показники врожаю (вміст білка, цукрів, олії тощо).

Сучасні тенденції передбачають застосування багатокомпонентних комплексів макро- й мікроелементів, хелатних форм мікроелементів, а також композицій з антістресантами та біостимуляторами. Перспективним є інтегрування позакореневого живлення з системами дистанційного зонування посівів за станом (NDVI, мультиспектральні індекси) та роботизованими обприскувачами, здатними змінювати норму внесення у процесі руху.

Нові способи внесення мінеральних добрив розглядаються не лише як інструмент підвищення врожайності, а й як важливий елемент екологізації землеробства. Контрольовано-вивільнювані та стабілізовані добрива, диференційоване й локальне внесення, фертигація та сенсорно-керовані системи дозволяють: зменшити втрати азоту через аміачну сублімацію та денітрифікацію; скоротити вимивання нітратів у ґрунтові та поверхневі води; запобігти локальним перенасиченням ґрунту фосфором, що знижує ризик евтрофікації водойм; оптимізувати вуглецевий слід виробництва й застосування мінеральних добрив.

Разом з тим поширення новітніх технологій внесення потребує адаптації нормативно-правової бази, розвитку систем сертифікації та стандартизації відповідних машин і добрив, а також вдосконалення методології агрохімічного моніторингу, який має враховувати просторово-часову мінливість параметрів родючості.

Традиційні способи суцільного внесення мінеральних добрив вже не відповідають вимогам ресурсозбереження й екологічної безпеки в сучасному рослинництві. Найбільш перспективними напрямами є: просторово-диференційоване внесення добрив (VRA) в системах точного землеробства; локальне, стрічкове, ін’єкційне та смугове внесення, орієнтоване на зону кореневої системи; фертигація та інші форми інтеграції внесення добрив із системами зрошення; комбінування ґрунтового, фертигаційного й позакореневого живлення. Значний потенціал мають контрольовано-вивільнювані, стабілізовані, біо- та нанодобрива, особливо у поєднанні з точними технологіями внесення, що дозволяє реалізувати принцип «правильна форма – правильна норма – правильний час – правильне місце». Подальший розвиток цифрових технологій – сенсорних мереж, мобільних систем діагностики, моделей росту культур і роботизованих платформ – є ключовим чинником формування інтелектуальних систем управління живленням рослин. Впровадження перспективних способів внесення мінеральних добрив потребує не лише техніко-технологічних інновацій, а й удосконалення систем аграрної освіти, дорадництва, нормативно-правової бази та фінансових інструментів підтримки агровиробників.

УДК 636.2.034:636.2.082

СУЧАСНІ СИСТЕМИ УТРИМАННЯ ДІЙНИХ КОРІВ

Костенюк А., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

Молочне скотарство є провідною галуззю тваринництва, яка забезпечує населення якісними продуктами харчування. Ефективність виробництва молока значною мірою залежить від умов утримання корів, що впливають на їх продуктивність, здоров'я та добробут. Сучасні системи утримання спрямовані на поєднання високої продуктивності з дотриманням стандартів тваринного добробуту та екологічної безпеки [2].

Основними системами утримання дійних корів в нашій країні є прив'язне та безприв'язне утримання.

Основним принципом прив'язного утримання є те, що корови утримуються у стійлах та фіксуються на прив'язі. Доїння, годівля та інші технологічні операції проводять в стійлі. Основні переваги прив'язного утримання. Індивідуальна годівля, яка передбачає можливість точно дозувати раціон для кожної корови, що економить корми та підвищує продуктивність. Простіше проводити ветеринарний контроль, а саме індивідуальні лікувальні та профілактичні заходи, що знижує захворюваність стада. Зменшення стресу за рахунок виключення конфліктів та сутичок між тваринами. Значно полегшується зоотехнічний, племінний та господарський облік. Простіше підтримувати чистоту шкіри тварини, особливо при використанні сучасних механічних систем гноєвидалення.

Поряд з позитивним існує ряд недоліків даної системи утримання, а сама обмежена рухливість, більші витрати праці, ризик проблем із кінцівками.

Безприв'язне утримання основане на тому, що тварини вільно пересуваються у корівнику, мають доступ до кормових столів та зон відпочинку [1].

Даний метод також має ряд переваг. При використанні безприв'язного утримання значно підвищується продуктивність праці. Використання сучасних доїльних залів («ялинка», «паралель», «карусель») та автоматизованих систем видалення гною, дозволяє значно скоротити кількість персоналу. Безприв'язне утримання краще забезпечує комфорт тварин, адже вільне пересування покращує фізичний стан, знижує ризик травматизму та захворювань кінцівок, характерних для прив'язного утримання. Організація групової годівлі дає можливість ефективно використовувати кормороздавачі-змішувачі для великих груп, що підвищує споживання кормів. При вільному утриманні легше впроваджувати системи моніторингу стада, контролювати здоров'я та поведінку тварин. Також слід відмітити значний економічний ефект, адже при будівництві нових комплексів безприв'язне утримання вимагає менших капіталовкладень на одне місце для утримання корів та покращити якість продукції.

Крім переваг, безприв'язне утримання має також ряд недоліків. Тваринам не можливо забезпечити індивідуальний підхід та організувати індивідуальну годівлю особливо для високопродуктивних тварин. Через вільне переміщення корів та формування ієрархії у стаді виникають сутички, що значно підвищує травматизм та стрес. При проведенні ветеринарного контролю **с**кладніше вчасно виявити хвору тварину або охоту, оскільки корови постійно рухаються. Даний метод утримання потребує великої кількості підстилкового матеріалу (щонайменше 3 кг на голову на добу). Запровадження безприв'язного методу утримання потребує будівництва нових або серйозної реконструкції старих приміщень з великою площею, доїльними залами та спеціальними боксами для відпочинку, крім цього, присутні високі витрати на придбання та обслуговування обладнання (гноїприбиральні скрепери, доїльні роботи або зали, системи вентиляції) [2].

Отже, сучасні системи утримання дійних корів спрямовані на підвищення продуктивності та якості молока, зменшення витрат праці та забезпечення добробуту тварин.

Найбільш перспективними є безприв'язні та комбіновані системи, які поєднують технологічні інновації з природними умовами утримання.

Список використаних джерел

1. Виробництво і переробка молока та яловичини у фермерських господарствах: навч.-практ. посібник / В. С. Ліннік, А. Ю. Медведєв, М. І. Ліхтер ; Луганський національний аграрний університет. Луганськ : Елтон-2, 2014. 254 с.
2. Костенко В. І. Технологія виробництва молока і яловичини: підручник / В. І. Костенко. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ: НУБіП України, 2024. 766 с.

Науковий керівник: Євстафієва Ю. М., к.с.г.н., доц.

УДК 636.2.034:637.1.004.9

АВТОМАТИЗАЦІЯ ГОДІВЛІ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Кравець І., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

Годівля завжди є найбільшою статтею витрат у виробництві молока: корми та робочий час, витрачений на їх роздачу, можуть становити до 70% усіх витрат ферми. Тому впровадження сучасних систем автоматизації дозволяє не лише зменшити витрати, а й підвищити продуктивність тварин та покращити умови їх утримання [1].

Автоматизація годівлі великої рогатої худоби – це сучасний напрям у тваринництві, який поєднує робототехніку, цифрові технології та програмні системи для оптимізації процесів годівлі.

На сьогоднішній день існують такі напрямки автоматизації годівлі корів.

1. Роботизовані системи роздавання кормів. Використовуються мобільні роботи або стаціонарні установки, які автоматично доставляють корм у годівниці. Це зменшує фізичне навантаження на персонал і забезпечує регулярність годівлі.

2. Цифрові технології моніторингу. Системи сенсорів відстежують споживання корму, фізіологічний стан тварин та рівень стресу. Дані інтегруються у фермерські інформаційні системи для аналізу та корекції раціонів [3].

3. Програмне забезпечення для розрахунку раціонів. Використовуються алгоритми оптимізації, які враховують поживність кормів, їх вартість та доступність. Це дозволяє формувати збалансовані раціони для різних груп худоби (молочні корови, відгодівельні бички тощо).

Запровадження автоматизації годівлі має ряд переваг, а саме: зменшення впливу людського фактору та помилок у годівлі; підвищення продуктивності молочних тварин; покращення санітарних умов у зоні годівлі; оптимізація витрат кормів; можливість індивідуального підходу до кожної тварини [2].

Автоматизовані системи годівлі забезпечують точне зважування інгредієнтів і рівномірний розподіл корму протягом дня. А це означає, що корови отримують свіжий корм у правильних порціях; знижується стрес у тварин; надої зростають. Крім того, частіша роздача корму значно підвищує ймовірність того, що корови використають його повністю, значить буде менше залишків на кормовому столі та економія кормів понад 50%.

Організація годівлі – один з найбільш трудомістких процесів на фермі, саме тому багато фермерів, які займаються молочним тваринництвом, годують своїх тварин усього два рази на день, навіть незважаючи на те, що більш часта годівля сприяє збільшенню надоїв. Фермери,

які використовують автоматизовані системи годівлі, змогли значно скоротити час, який вони витрачали на роздачу корму: з 21 години до 4 годин на тиждень. Це дає можливість більш ефективно розподіляти роботу, і більше часу приділяти іншим видам діяльності на фермі [2].

Крім позитивного, автоматизована годівля має певні виклики та ризики. На сьогоднішній день існує висока вартість впровадження системи, а також потрібен персонал, який має певні знання. Крім того, запровадження автоматизованих систем годівлі вимагає наявності програмного забезпечення та технічного обслуговування обладнання.

Список використаних джерел

1. Виробництво і переробка молока та яловичини у фермерських господарствах: навч.-практ. посібник / В. С. Ліннік, А. Ю. Медведєв, М. І. Ліхтер; Луганський національний аграрний університет. Луганськ : Елтон-2, 2014. 254 с.

2. Гоцуляк В. Л., Борщ О. В., Ластовська І. О., Борщ О. О. Продуктивність, якісний склад молока та динаміка вгодованості корів за використанням різних засобів механізації та автоматизації годівлі. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 143, ч. 1. С. 200-208

3. Ефективність інноваційного підходу щодо організації технології годівлі дійних корів / А. П. Золотарьов, І. Є. Седюк, В. І. Піскун, О. К. Тришін, С. А. Золотарьова. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН*. 2020. № 2. С. 45-52.

Науковий керівник: Євстафієва Ю. М., к.с.г.н., доц.

УДК 631.3(510)

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КИТАЇ

Боровський В. М., ст. викладач,
Прокопчук С. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Пухтаєвич Є. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Чехов В. І., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир

За останні десятиріччя аграрний сектор Китаю демонструє стале зростання рівня механізації, що супроводжується стрімким нарощуванням парку тракторів, зернозбиральних і рисозбиральних комбайнів, обприскувачів, техніки для овочівництва та тваринництва. Оцінки ринку свідчать, що вартість внутрішнього ринку сільськогосподарської техніки обчислюється десятками мільярдів доларів США і продовжує зростати завдяки державній підтримці та попиту на більш продуктивні й енергоефективні машини. За таких умов саме система технічного сервісу стає ключовим чинником забезпечення безвідмовної роботи машин та повернення інвестицій фермерів.

За даними національної статистики та галузевих оглядів, загальний рівень механізації основних операцій з обробітку ґрунту, посіву та збирання врожаю в країні перевищує 70 %, а окремі джерела вказують на понад 73 % механізації основних польових робіт. Водночас існують суттєві регіональні відмінності: північні та північно-східні провінції, де переважають великі масиви зернових, мають високий рівень оснащення потужними тракторами і комбайнами, тоді як у південних і гірських районах, де домінують дрібні господарства і рисові тераси, розповсюджена легка та спеціалізована техніка.

Структура парку машин характеризується поєднанням:

- техніки великих національних виробників (Changfa, YTO, Lovol та ін.), які випускають трактори, комбайни, обприскувачі, рисосівалки тощо;

- продукції середніх і малих компаній, орієнтованих на нішеві сегменти – овочівництво, садівництво, тваринництво, малі механізми;

- імпортних машин високого класу (самохідні обприскувачі, великі трактори, точні сівалки), які потребують складнішого сервісу.

Зростання частки високотехнологічних машин із системами GPS-навігації, автоматичного водіння, телематики та елементами автономного руху обумовлює нові вимоги до сервісу – від діагностики програмного забезпечення до оновлення прошивок і роботи із хмарними платформами моніторингу.

Система технічного сервісу сільськогосподарської техніки в Китаї є багаторівневою та включає кілька основних суб'єктів:

1. *Сервісні мережі машинобудівних підприємств*. Більшість великих виробників створюють розгалужені мережі офіційних дилерів і авторизованих сервісних центрів, що забезпечують гарантійні й післягарантійні ремонти, постачання оригінальних запасних частин, навчання персоналу та консультації.
2. *Агромашинні компанії та приватні дилери.* Вони поєднують функції продажу та сервісу, мають власні ремонтні майстерні й виїзні бригади. Ще у попередніх дослідженнях зазначалося, що така мережа, сформована підприємствами-виробниками, регіональними компаніями з продажу техніки та великими покупцями (кооперативами, корпоративними фермами), утворює основу післяпродажного обслуговування.
3. *Сервісні кооперативи та фермерські об'єднання.* У багатьох районах, особливо зі значною часткою дрібних господарств, створюються кооперативи, які спільно володіють технікою, організують її обслуговування та ремонт, а також розподіляють витрати на сервіс.
4. *Незалежні ремонтні майстерні.* Вони переважно працюють із технікою, що вийшла з гарантійного періоду, і часто спеціалізуються на окремих типах машин (трактори, мотоблоки, комбайни) або брендах.

Особливістю є поєднання офіційних сервісів із приватними структурами, що дозволяє охопити як великі агрохолдинги, так і малі господарства в віддалених селах. Разом з тим, якість послуг у різних сегментах може суттєво відрізнятися.

Технічний сервіс тісно пов'язаний із державною аграрною політикою, у якій велике значення мають програми субсидування придбання техніки, модернізації парку машин, розвитку «розумного» землеробства та сільської інфраструктури.

Регуляторні акти встановлюють вимоги до: сертифікації сільськогосподарської техніки; мінімального рівня гарантійних зобов'язань виробників і дилерів; наявності сервісних потужностей у регіонах продажу; системи забезпечення запасними частинами протягом визначеного терміну експлуатації.

У рамках політик індустріальної модернізації та цифрової трансформації стимулюється розробка і впровадження інтелектуальних систем моніторингу машин, платформ для управління парком техніки та сервісної підтримки, а також розвиток вітчизняної компонентної бази для електроніки й сенсорики.

Післяпродажне обслуговування (after-sales service) розглядається китайськими виробниками як важливий інструмент утримання клієнтів і підвищення конкурентоспроможності. Деякі компанії декларують комплексні програми сервісної підтримки: гарячі лінії, виїзні сервісні бригади, склади запасних частин у ключових регіонах, розширені гарантії та навчання оператора й механіка при поставці машини.

Швидкий розвиток високотехнологічної техніки спричинив дефіцит фахівців, які одночасно володіють знаннями з механіки, гідравліки, електроніки, систем керування та інформаційних технологій. Аналітичні огляди ринку наголошують, що для ефективних продажів і сервісу сільськогосподарської техніки потрібні універсальні спеціалісти, які мають як технічні, так і маркетингові компетенції. Проблема нерівномірного забезпечення кадрами залишається актуальною: у віддалених районах часто відчувається нестача сертифікованих сервісних інженерів, що подовжує час очікування ремонту й підвищує ризик використання неякісних послуг.

Технічний сервіс сільськогосподарської техніки в Китаї сформувався як складна, багаторівнева система, що поєднує державне регулювання, комерційні інтереси виробників та дилерів, а також потреби різномасштабних сільськогосподарських підприємств – від дрібних фермерів до великих агрохолдингів. Високий рівень механізації основних процесів, зростання частки високотехнологічних машин і курс на цифрове землеробство обумовлюють підвищені вимоги до сервісу, який має забезпечувати надійність, енергоефективність і екологічність експлуатації техніки.

Разом із тим система стикається із низкою викликів – регіональною нерівномірністю сервісної інфраструктури, кадровим дефіцитом, складністю ремонту електронно насичених машин. Для їх подолання держава й бізнес активізують розвиток телематики, дистанційної діагностики, навчання сервісних кадрів та кооперативних форм обслуговування.

Отриманий досвід має значний інтерес для України та інших країн із перехідною економікою, де тривають процеси оновлення парку сільськогосподарської техніки й побудови сучасної системи технічного сервісу. Використання напрацювань китайської моделі, з урахуванням національних особливостей – може сприяти підвищенню ефективності аграрного виробництва, скороченню простоїв машин та зміцненню конкурентоспроможності сільського господарства.

УДК 636.2.034.084.51

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОЇННЯ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

Сохатюк Ю., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет», м. Кам'янець-Подільський, Україна

Доїння корів є одним із найважливіших процесів у молочному тваринництві, адже саме від його ефективності залежить продуктивність ферми, якість молока та добробут тварин. Традиційні методи доїння потребують значних трудових витрат і не завжди гарантують стабільну якість продукції. Тому, автоматизація цього процесу стала ключовим напрямом розвитку сучасного молочного виробництва. Впровадження сучасних автоматизованих систем доїння сприяє зменшенню витрат на обслуговування обладнання та забезпечує його триваліший термін служби. Це дозволяє фермам ефективніше використовувати свої фінансові ресурси. Сучасні доїльні системи забезпечують більш дбайливе та ефективне доїння, що зменшує ризик пошкодження вимені та покращує гігієнічні умови процесу. Це безпосередньо впливає на якість та безпечність молочної продукції. Ферми, які використовують модернізоване обладнання, можуть запропонувати ринку продукцію вищої якості та за нижчою собівартістю, що робить їх більш конкурентоспроможними на внутрішньому та зовнішньому ринках [1].

Запровадження автоматизації доїння сприяє підвищенню продуктивності, адже роботизовані системи дозволяють доїти корів кілька разів на день без участі людини, що збільшує надої. Значно підвищується якість молока, так як автоматичні доїльні апарати забезпечують гігієнічність процесу, зменшують ризик бактеріального забруднення. Фермери витрачають менше часу на ручне доїння, що дозволяє ефективніше розподіляти робочі ресурси та підвищує продуктивність праці [4]. Слід відмітити, що системи автоматичного доїння враховують фізіологічні особливості корів, зменшують стрес і покращують здоров'я вимені.

Автоматизоване доїння корів має багато переваг, але існують і певні недоліки та обмеження, які варто враховувати перед впровадженням таких систем. Перш за все варто відмітити, що роботизовані системи доїння потребують значних інвестицій, тому для

невеликих господарств це може бути економічно невигідно. Крім того, системи потребують регулярного технічного обслуговування, очищення та калібрування, поломки можуть призвести до зупинки процесу доїння і втрат продуктивності, саме тому, працівники повинні мати навички роботи з сучасними технологіями, що потребує додаткового часу та витрат на навчання [3].

Використання автоматичних систем доїння вимагає адаптації тварин, не всі корови швидко звикають до роботизованих станцій. Деякі можуть відчувати стрес або відмовлятися заходити в автоматичні бокси. Досить актуальною проблемою на сьогоднішній день є залежність від електроенергії та програмного забезпечення, адже будь-які перебої в електропостачанні чи збій програмного забезпечення можуть паралізувати процес доїння. Варто зазначити, що у господарствах із невеликим поголів'ям інвестиції в роботизовані системи часто не окуповуються, тому ручне або апаратне доїння може бути більш практичним.

Отже, автоматизація доїння великої рогатої худоби є важливим етапом розвитку сучасного молочного виробництва [2]. Вона забезпечує економію ресурсів, підвищення продуктивності та покращення умов утримання тварин. Впровадження роботизованих систем доїння стає не лише технологічною інновацією, а й необхідністю для конкурентоспроможності фермерських господарств у XXI столітті.

Список використаних джерел

1. Виробництво і переробка молока та яловичини у фермерських господарствах: навч.-практ.посібник / В. С. Ліннік, А. Ю. Медведєв, М. І. Ліхтер ; Луганський національний аграрний університет. Луганськ : Елтон-2, 2014. 254 с.
2. Костенко В. І. Технологія виробництва молока і яловичини: підручник / В. І. Костенко. 2-ге вид., перероб. і доп. Київ : НУБіП України, 2024. 766 с.
3. Луценко М., Зволейко Д. Дослідження процесу доїння корів у спеціалізованих доїльних залах. *Техніка і технології АПК*. 2012. № 9(36). С. 31-34.
4. Палій А. П. Інноваційні технології та технологічні системи у молочному скотарстві : навч. посібник. Харків : Аграрна освіта, 2015. С. 200-201.

Науковий керівник: Євстафієва Ю. М., к.с.г.н., доц.

УДК 636.02:004.8

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

Боровський В. М., ст. викладач,
Мельниченко Н. В., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мельнічук Є. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Горай І. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Перспективи використання штучного інтелекту для автоматизації тваринницьких ферм сьогодні пов'язані не лише з окремими цифровими рішеннями, а із загальною трансформацією моделі управління фермою. Штучний інтелект (ШІ) перестає бути «модною технологією» і стає практичним інструментом, який дозволяє на основі великих масивів даних приймати більш точні рішення щодо годівлі, утримання, здоров'я тварин та організації праці персоналу. Ключовою передумовою впровадження ШІ є стрімкий розвиток сенсорних систем, Інтернету речей, хмарних обчислень і комп'ютерного зору, які забезпечують безперервний збір, передачу й аналіз даних на рівні окремої тварини, групи чи всього стада. У таких умовах ферма

починає розглядатися як кіберфізична система, де біологічні процеси тісно інтегровані з цифровими алгоритмами прогнозування та оптимізації.

Одним із найбільш перспективних напрямів застосування ШІ в тваринництві є системи моніторингу здоров'я та добробуту тварин. Сучасні «розумні» нашийники, педометри, 3D-камери, тепловізори й мікрокліматичні датчики формують величезні масиви інформації про активність, ритми руху, температуру тіла, споживання корму та води, частоту жуйки, дихання, пози тіла й поведінкові реакції тварин. На основі цих даних алгоритми машинного навчання можуть виявляти ранні ознаки захворювань, стресу, хвороб кінцівок, маститів або порушень репродуктивного циклу ще до появи явних клінічних симптомів. Це дозволяє переходити від реактивного до превентивного ветеринарного обслуговування, зменшувати використання антибіотиків, скорочувати втрати продуктивності та підвищувати загальний рівень добробуту тварин.

Важливе значення має застосування ШІ в автоматизованих системах годівлі. Оптимізація раціону традиційно базується на нормах годівлі та досвіді спеціаліста, але в умовах індивідуального моніторингу корів чи свиней з'являється можливість формувати персоналізовані раціони з урахуванням продуктивності, фізіологічного стану, віку, стану здоров'я та поведінки конкретної тварини. Алгоритми можуть аналізувати історичні дані про споживання корму, надої, прирости, вміст компонентів у раціонах та поточні коливання цін на корми, пропонуючи варіанти сумішей, що забезпечують задану продуктивність при мінімальній собівартості. Такі системи, інтегровані з роботизованими змішувачами-роздавачами, станціями дозованої годівлі або автоматами напування, фактично формують «розумну» лінію годівлі, яка самонавчається й адаптується до змін умов на фермі.

Не менш перспективним є використання ШІ в управлінні мікрокліматом тваринницьких приміщень. Традиційні системи вентиляції та обігріву працюють за доволі простими алгоритмами, орієнтуючись лише на температуру та, іноді, вологість. Натомість інтелектуальні системи здатні враховувати концентрацію шкідливих газів, пилу, швидкість повітря, погодні умови зовні, час доби, завантаження приміщення тваринами, їхню активність та продуктивність. Алгоритми можуть прогнозувати ризик теплового стресу, підвищеної вологи чи дефіциту кисню, змінюючи режими роботи вентиляторів, завіс, обігрівачів і систем зрошення таким чином, щоб підтримувати оптимальні умови з мінімальними витратами енергії. Це особливо важливо у контексті зростання цін на енергоресурси та необхідності зниження викидів парникових газів.

Штучний інтелект відіграє також дедалі більшу роль в автоматизації доїння на молочних фермах. Роботизовані доїльні системи збирають детальну інформацію про кількість молока, швидкість молоковіддачі, електропровідність, температуру та інші показники, які можуть свідчити про зміни у стані вимені та загальному здоров'ї корови. На основі цих параметрів алгоритми машинного навчання формують індивідуальні профілі тварин, оптимізують частоту й час підходу до робота, регулюють параметри доїння, а також визначають корів із ризиком виникнення маститів чи інших патологій. Інтеграція таких систем з модулем управління репродукцією, статистикою годівлі та історією захворювань створює комплексну платформу підтримки рішень для зоотехніка і ветеринара.

Ще одна важлива сфера застосування ШІ стосується комп'ютерного зору та відеоаналітики. Високоякісні камери, розміщені в корівниках, свинарниках чи пташниках, дозволяють у режимі реального часу аналізувати поведінку тварин, їхню ходу, розподіл у просторі, конкуренцію за корм чи воду, взаємодії в групі. Глибокі нейронні мережі здатні автоматично розпізнавати окремих тварин, оцінювати їхню фізичну кондицію, стан шерсті чи оперення, виявляти ознаки кульгавості, агресії або апатії. Це відкриває можливість ранньої діагностики стресових ситуацій, корекції щільності посадки, режимів годівлі та групування тварин за поведінковими характеристиками, що в підсумку позитивно позначається на продуктивності, збереженості та якості продукції.

На рівні управління фермою ШІ може виконувати функції «цифрового агроменеджера», який інтегрує дані з різних джерел: сенсорів, роботизованого обладнання, фінансової

звітності, систем обліку кормів, ветеринарних протоколів та ринкових цін. Такі системи аналізують ефективність використання ресурсів, виявляють «вузькі місця» в технологічних процесах, прогнозують виробничі ризики, готують сценарії розвитку стада та пропонують управлінські рішення щодо вибракування, формування ремонтного молодняку, оптимізації чисельності персоналу та інвестицій у модернізацію. На відміну від традиційного аналізу «заднім числом», інтелектуальні платформи здатні працювати в режимі близькому до реального часу, що дозволяє фермеру оперативно реагувати на зміни ситуації.

Окрему увагу слід приділити питанням інтеграції штучного інтелекту з роботизованими системами у тваринництві. Роботи для видалення гною, підштовхування корму, чищення проходів, автономні навантажувачі та мобільні платформи в поєднанні з алгоритмами планування маршруту й розпізнавання перешкод дають змогу значною мірою зменшити ручну працю, особливо важку й монотонну. Використання ШІ забезпечує адаптацію траєкторій руху до фактичного розташування тварин, людей та іншої техніки, підвищує безпеку, знижує ризик травматизму та дозволяє працювати у складних умовах мікроклімату. У перспективі такі системи можуть бути об'єднані в єдиний флот автономних машин, який буде координуватися центральним інтелектуальним модулем ферми.

Перспективи застосування ШІ на тваринницьких фермах тісно пов'язані з розвитком хмарних сервісів та технологій «ферма як платформа». Багато сучасних рішень пропонуються у вигляді підписок, коли дані з ферм різних країн обробляються на віддалених серверах, а отримані моделі машинного навчання постійно оновлюються й удосконалюються. Це дає змогу навіть невеликим господарствам користуватися передовими алгоритмами без необхідності мати власний потужний ІТ-відділ. Разом з тим такий підхід породжує нові виклики у сфері захисту даних, кібербезпеки, власності на інформацію про стадо та залежності від постачальників програмного забезпечення.

Серед ключових перешкод для широкомасштабного впровадження ШІ в тваринництві слід назвати високу вартість стартових інвестицій, недостатній рівень цифрової грамотності персоналу, обмежену доступність якісного інтернет-покриття в сільській місцевості та психологічну недовіру до «чорних скриньок», які приймають рішення. Багато фермерів справедливо ставлять питання про окупність таких систем, їхню надійність у реальних умовах, можливість локального сервісу та адаптації до національних нормативів і специфіки утримання тварин. Це вимагає розробки прозорих економічних моделей, демонстраційних проєктів, підготовки консультантів та інтеграторів, здатних «перекладати» технічну мову ШІ на мову практичних рішень для ферми.

Важливим аспектом є вплив ШІ на структуру зайнятості в тваринництві. Автоматизація рутинних операцій неминуче призводитиме до зменшення потреби в низькокваліфікованій фізичній праці, але водночас зростатиме попит на фахівців з обслуговування роботів, аналітиків даних, інженерів з автоматизації, ветеринарів і зоотехніків з компетентностями у цифрових технологіях. Тому перспективи використання ШІ повинні розглядатися в контексті модернізації системи аграрної освіти, перепідготовки кадрів та розвитку нових професій, які поєднують знання біології, інженерії й інформатики.

Етичні та правові аспекти також стають невід'ємною складовою дискусії про ШІ в тваринництві. З одного боку, інтелектуальні системи дозволяють краще контролювати стан тварин, зменшувати захворюваність, запобігати стражданням і підвищувати рівень добробуту. З іншого боку, виникають питання щодо допустимого рівня автоматизації процесів прийняття рішень: чи може алгоритм самостійно визначати моменти вибракування, лікування або зміни умов утримання без участі людини, які дані про ферму можуть передаватися третім особам, як забезпечити прозорість і пояснюваність рішень ШІ. Формування відповідної нормативної бази, галузевих стандартів та кодексів етики стає критично важливим завданням для держави, наукової спільноти та професійних асоціацій.

З огляду на глобальні виклики, пов'язані зі зростанням населення, необхідністю підвищення продуктивності тваринництва та одночасним скороченням екологічного навантаження, ШІ розглядається як один із ключових інструментів побудови стійких ланцюгів

виробництва продуктів тваринного походження. Можливість точного розрахунку раціонів, зменшення втрат кормів, оптимізації енергоспоживання, скорочення захворюваності та підвищення довголіття тварин безпосередньо пов'язана зі зниженням викидів парникових газів на одиницю продукції та більш ефективним використанням ресурсів. У перспективі це дозволить поєднувати цілі економічної ефективності з вимогами кліматичної політики та стратегіями сталого розвитку аграрного сектору.

Підсумовуючи, можна зазначити, що перспективи використання штучного інтелекту для автоматизації тваринницьких ферм визначаються не стільки окремими технічними рішеннями, скільки здатністю інтегрувати їх у цілісну систему «розумної ферми». Такі системи базуються на поєднанні сенсорики, робототехніки, хмарних сервісів і аналітики даних, доповнених компетентним людським управлінням. У найближчі роки очікується подальше здешевлення обладнання, поява відкритих платформ і модульних рішень, які спростять впровадження ШІ навіть у середніх і малих господарствах. Водночас успішна цифрова трансформація тваринництва вимагатиме стратегічного бачення з боку власників фермерських господарств, державної підтримки пілотних проєктів, активної участі науково-освітніх установ та формування екосистеми інновацій, здатної забезпечити адаптацію сучасних технологій до реалій конкретної країни й регіону.

УДК 631.51:631.432

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ЩІЛЮВАННЯ ҐРУНТУ

Дерев'янко Д. А.,[1] д.т.н., проф.,
Руденко В. Г.,[2] викладач,
Червінський Ю. В.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Сучасні системи землеробства функціонують в умовах посилення кліматичних ризиків: нерівномірного випадання опадів, частих посух, зливового характеру дощів, що супроводжуються інтенсивним поверхневим стоком і водною ерозією. Одночасно зростає ступінь техногенного ущільнення ґрунтів через застосування важкої сільськогосподарської техніки, що збільшує навантаження на осі машин і призводить до формування ущільнених прошарків у профілі.

У цих умовах особливої актуальності набувають технологічні операції, спрямовані на відновлення водно-фізичних властивостей ґрунту без його надмірного руйнування та втрати органічної речовини. До таких операцій належить щілювання – нарізування глибоких вузьких щілин, що створюють вертикальні та частково горизонтальні дренажні канали, які сприяють проникненню талих і дощових вод у глибші горизонти.

Попри тривалий період застосування щілювання у практиці землеробства, низка питань стосовно оптимальних параметрів процесу (глибина, міжщілинна відстань, схема розташування, строки виконання) та їх поєднання із сучасними мінімізованими і нульовими системами обробітку ґрунту залишаються дискусійними. Це зумовлює необхідність узагальнення наукових даних і виробничого досвіду, а також формулювання рекомендацій щодо раціонального використання щілювання як елемента адаптивно-ландшафтних систем землеробства.

Щілювання ґрунту визначається як прийом глибокого безвідвального обробітку, під час якого спеціальними робочими органами – щілинорізами або переобладнаними плоскорізами – в ґрунті нарізують щілини глибиною переважно 40–60 см за мінімальної ширини розриву

поверхневого шару. Основне призначення операції – підвищення водопроникності, зменшення поверхневого стоку, запобігання змиву ґрунту й нагромадження вологи у метровому шарі.

Суттєва відмінність щілювання від традиційного глибокого розпушування полягає у вузькій, стрічковій зоні руйнування підорного шару й відсутності обороту пласта. Такий характер впливу дає змогу зберегти на поверхні поля рослинні рештки й мульчу, що важливо для систем мінімального і нульового обробітку, одночасно ліквідуючи «плужну підошву» та інші ущільнені прошарки, які перешкоджають проникненню коренів і води.

З агрофізичної точки зору щілини виконують роль вертикальних макропор, які розширюють спектр порового простору ґрунту, збільшують коефіцієнт фільтрації та сприяють перерозподілу вологи з верхніх, швидко пересихаючих шарів у глибші горизонти. Це забезпечує більш стійкий водний режим посівів, особливо у періоди дефіциту опадів. Одночасно знижується інтенсивність поверхневого стоку, що в комплексі з іншими протиерозійними заходами (контурний обробіток, мульчування, смугові посіви) підвищує захищеність ґрунту від змиву.

Результати численних польових досліджень глибокого розпушування і субсоїлінгу показують, що розрихлення ущільнених шарів ґрунту суттєво збільшує швидкість інфільтрації води, сприяє нагромадженню вологи в метровому профілі та покращує умови росту кореневих систем сільськогосподарських культур. При цьому найбільший ефект відмічають на ґрунтах із вираженими ущільненими прошарками й на схилах, де поверхневий стік має найбільшу руйнівну дію.

Щілювання ґрунту, особливо на схилах, істотно зменшує об’єм і швидкість стікання води по поверхні поля, оскільки утворені щілини перехоплюють потоки та частково акумулюють зливові води. Польові дані свідчать про зменшення змиву ґрунту на схилах при застосуванні щілювання на глибину 40–45 см із відстанню між ножами 1,4 м і між загінками 2–4 м, а також при ширині між щілинами 5–10 м залежно від крутизни схилу.

Важливим наслідком щілювання є зменшення середньої щільності орного та підорного шарів, що відображається на збільшенні загальної та аераційної пористості, покращенні газового режиму ґрунту й активізації мікробіологічних процесів. Зниження щільності ґрунту під дією глибокого розпушування особливо актуальне в умовах інтенсивного техногенного ущільнення, пов’язаного з роботою важких тракторів і самохідних машин, питомий тиск яких нерідко перевищує 0,8 кг/см².

За рахунок покращення водного та повітряного режиму щілювання опосередковано впливає на урожайність. Дослідження, виконані у степових і лісостепових зонах, показали, що за періодичної (раз на 3–4 роки) обробки щілювачами у поєднанні з ґрунтозахисними системами обробітку відзначається стабільне зростання урожайності зернових культур на 5–15 % та більш повне використання вологи осінньо-зимового періоду.

Оптимальна глибина щілювання визначається потужністю орного шару, наявністю ущільнених прошарків, глибиною залягання кореневої системи культура-попередника та гранулометричним складом ґрунту. У більшості рекомендацій вказується глибина 45–60 см, що забезпечує прорізування зони підвищеної щільності під орним шаром і формування ефективної мережі щілин у метровому профілі ґрунту. На легких ґрунтах глибину можна дещо зменшувати, на важких – збільшувати в межах тягових можливостей трактора.

Відстань між щілинами обумовлюється рельєфом місцевості, ступенем ерозійної небезпеки та інтенсивністю стоку. Для рівнинних і слабопохилих ділянок зазвичай рекомендують розміщення щілин через 7–12 м, тоді як на схилах із крутизною 3–7° ефективною є ширина міжщілинних смуг 10 м, а за більшої крутизни (9–15°) – 5–10 м. Зменшення міжщілинної відстані підвищує протиерозійну ефективність, але одночасно збільшує енергоємність операції.

Найчастіше щілини нарізають у напрямку, близькому до горизонталей місцевості, що мінімізує можливість спрямованого стоку по борознах. Для підвищення ефективності на блюдцеподібних пониженнях або в умовах складного мікрорельєфу застосовують щілювання

в два сліди навхрест із виходом проходів за межі пониження.

Робочу швидкість агрегатів для щілювання зазвичай обмежують діапазоном 4–8 км/год залежно від типу ґрунту, глибини обробітку та тягового класу трактора. Підвищення швидкості понад рекомендовані значення призводить до збільшення тягового опору, розширення зони руйнування поверхневого шару та появи грубих розривів і викидів ґрунту, що суперечить вимозі мінімального порушення поверхні. Занадто низькі швидкості зменшують продуктивність агрегату й погіршують стабільність глибини.

Для виконання щілювання використовують спеціалізовані глибокорозпушувачі-щілювачі, обладнані долотоподібними ножами, що заглиблюються на 40–60 см і формують вузькі щілини з розширенням у нижній частині. Конструкція таких машин включає потужну раму, механізм навіски, робочі органи (щілинорізи, долота), інколи передні дискові ножі, що перерізають рослинні рештки й верхній шар ґрунту, сприяючи зменшенню тягового опору та покращенню якості нарізання щілин.

Передні дискові ножі, розташовані в ряду перед долотами, дозволяють акуратно прорізати поверхневий шар потужністю 5–15 см, у якому зосереджена основна маса коренів рослин, і тим самим зменшити пошкодження посівів при щілюванні озимих культур, сінокосів або пасовищ. Застосування таких комбінованих робочих органів дає можливість поєднувати глибоке розпушування з мінімальним поверхневим порушенням.

Широке поширення отримали плоскорізи-щілювачі типу ПЩН, що поєднують можливості плоскорізного обробітку на глибину 10–18 см із одночасним щілюванням ґрунту на глибину до 40 см окремими щілинорізами. Такі машини є багатоцільовими знаряддями і дозволяють реалізовувати різні схеми компонування робочих органів залежно від зони землеробства та ґрунтово-кліматичних умов. Зокрема, плоскоріз-щілювач ПЩН-2,5 призначений для основного безвідвального обробітку ґрунту під просапні культури, смугового розпушування та щілювання на глибину до 40 см.

Комбінування плоскорізного обробітку з щілюванням дає змогу одночасно вирішувати кілька завдань: розпушувати орний шар без обороту пласта, зберігаючи стерню та пожнивні рештки на поверхні; ліквідовувати ущільнений підорний шар за рахунок глибоких щілин; формувати сприятливий водний і повітряний режим ґрунту для культур наступної сівозміни.

Щілювання ґрунту може виконуватись у різні строки залежно від завдань технології: пізно восени, у період підготовки чорного або зайнятого пару, або незадовго до передпосівного обробітку під озимі культури. Практика показує, що виконання щілювання восени на фоні основного обробітку дозволяє максимально використати осінньо-зимові опади для поповнення запасів вологи в ґрунті та забезпечити кращу стійкість поля до змиву у весняний період.

У випадку щілювання під озимі культури операцію доцільно проводити незадовго до передпосівного обробітку, що знижує вплив розпушування на якість сходів, але забезпечує перехоплення стоку під час інтенсивних дощів восени та навесні. Досвід показує, що за такої технології волога, яка стікає по поверхні, «знаходить» новоутворені щілини й просочується в глибші горизонти, зменшуючи ризик утворення кірки та замокання посівів.

Періодичність виконання щілювання залежить від інтенсивності ущільнення ґрунту та ерозійної небезпеки. На полях із вираженим схилом та високим стококидним навантаженням щілювання може виконуватись раз на 3–4 роки за стрічковою схемою (наприклад, 2×140 см з інтервалом між стрічками 4–6 м), що забезпечує стійке акумулювання вологи та зниження змиву ґрунту.

Вплив щілювання на урожайність сільськогосподарських культур реалізується переважно через зміну водно-фізичного режиму ґрунту. Підвищення запасів продуктивної вологи у метровому шарі та поліпшення умов аерації створюють сприятливі умови для формування кореневої системи озимих і ярих культур, зменшують ризики водного й повітряного голодування, а також компенсують дефіцит опадів у критичні фази росту. Дослідження з глибокого розпушування показують, що за усунення ущільненого підорного шару урожайність зернових культур може зростати на 0,2–0,6 т/га, а в умовах частих посух –

ще більше, за рахунок більш повного використання ґрунтової вологи.

Особливо відчутний ефект щілювання у протиерозійному відношенні. Зменшення об'єму поверхневого стоку й швидкості течії води по схилу призводить до значного скорочення змиву дрібнодисперсних частинок ґрунту, гумусу та поживних елементів. Польові дослідження на схилах показали, що за щілювання ґрунту з глибиною 40–45 см та міжщілинною відстанню 5–10 м втрати ґрунту від змиву можуть зменшуватись у кілька разів порівняно з контролем без щілювання.

Разом з тим щілювання є енергоємною операцією, оскільки потребує значних тягових зусиль, робочої глибини до 60 см та використання тракторів підвищеного тягового класу. Однак, враховуючи періодичний характер виконання (раз на 3–4, іноді 5 років), економічні витрати доцільно розглядати в розрахунку на ротацію сівозміни. У такому підході додатковий приріст урожайності й зниження ерозійних втрат ґрунту здебільшого компенсують витрати на паливо й амортизацію машин, особливо в регіонах із високою ерозійною небезпекою та нестабільним зволоженням.

Сучасні ґрунтозахисні та ресурсозберігаючі системи землеробства ґрунтуються на принципах мінімізації механічного впливу на ґрунт, збереження рослинних решток на поверхні та забезпечення сталого водно-фізичного режиму. У цьому контексті щілювання виступає важливим доповненням до технологій мінімального і нульового обробітку як «точковий» інструмент боротьби з ущільненням і перерозподілу вологи в профілі.

Інтеграція щілювання у такі системи потребує обґрунтування періодичності та просторової локалізації операції. Доцільно поєднувати щілювання з постійними технологічними коліями, обробляючи насамперед зони найбільшого техногенного ущільнення від руху важких тракторів і комбайнів. Це дозволяє уникнути суцільного глибокого обробітку, зосередивши енергетичні ресурси на проблемних ділянках і зберігши структуру ґрунту в міжколійних зонах.

В умовах схилових земель щілювання поєднують із контурним землеробством, смуговими посівами, створенням трав'яних і чагарникових смуг, терасуванням та іншими протиерозійними заходами. Комплексне застосування цих методів дозволяє не лише зменшити змив ґрунту, а й стабілізувати продуктивність сівозмін в умовах посилення кліматичних коливань.

Щілювання ґрунту є ефективною технологічною операцією глибокого безвідвального обробітку, яка забезпечує нарізування вузьких щілин на глибину 40–60 см з метою підвищення водопроникності, зменшення водної ерозії та нагромадження продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту.

Агрофізична сутність операції полягає у формуванні системи вертикальних макропор, які покращують інфільтрацію опадів, знижують інтенсивність поверхневого стоку, сприяють зменшенню щільності та підвищенню пористості ґрунту, створюючи сприятливі умови для розвитку кореневих систем культур.

Основними технологічними параметрами щілювання є глибина нарізання щілин (45–60 см), відстань між щілинами (5–12 м залежно від крутизни схилу й ґрунтово-кліматичних умов), схема розміщення (переважно по горизонталях місцевості) та швидкість руху агрегату (4–8 км/год). Їх раціональний добір визначає як протиерозійну, так і енергетичну ефективність операції.

Для виконання щілювання застосовують спеціалізовані глибокорозпушувачі-щілювачі та плоскорізи-щілювачі, які поєднують поверхневий безвідвальний обробіток із глибоким розпушуванням. Конструктивні рішення, зокрема використання передніх дискових ножів і долотоподібних робочих органів, забезпечують мінімальне порушення поверхні за ефективного руйнування ущільнених шарів.

Періодичне (раз на 3–5 років) застосування щілювання в системі протиерозійного землеробства сприяє підвищенню урожайності культур на 5–15 %, зменшенню змиву ґрунту, кращому використанню осінньо-зимових опадів і стабілізації продуктивності сівозмін, особливо в умовах нестабільного зволоження та інтенсивного техногенного ущільнення

ґрунтів.

Інтеграція щілювання в сучасні ґрунтозахисні та ресурсозберігаючі системи землеробства повинна базуватися на зональному підході, урахуванні рельєфу, ступеня ерозійної небезпеки, характеру техногенного навантаження й структури посівних площ. Надалі перспективними є дослідження, спрямовані на оптимізацію схем локалізованого щілювання, розробку енергоощадних робочих органів та поєднання щілювання з цифровими технологіями моніторингу щільності й вологості ґрунту.

УДК 633.63:631.356.2

ТЕНДЕНЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Білецький В. Р., к.т.н., доц,
Ярмола О. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Терещук О. О., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Креденцер В. Г., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Цукрові буряки є однією з базових технічних культур помірної зони, займаючи друге місце у світовому виробництві цукру після цукрової тростини. Коренеплоди містять у середньому близько 20 % цукру, 75 % води та близько 5 % сухих речовин, що визначає високий потенціал урожайності та енергетичної цінності культури. Для України цукрові буряки традиційно є важливою складовою сівозмін і сировинною базою цукрової промисловості. У 2023–2024 роках, попри воєнний стан, посівні площі та урожайність залишаються порівняно високими: за даними галузевих оглядів, у 2024 році з площі близько 251 тис. га зібрано майже 12 млн т коренеплодів, тоді як у 2023 році врожайність досягала одних із найвищих показників у Європі. Паралельно зростає експорт бурякового цукру, що свідчить про конкурентоспроможність сектору навіть за умов логістичних обмежень. В цих умовах ефективна, маловитратна та технологічно досконала система збирання цукрових буряків стає одним із ключових чинників рентабельності виробництва та стабільності цукрового підкомплексу АПК.

Розвиток технологій збирання цукрових буряків пройшов шлях від простих одно- та дворядних причіпних копачів до високопродуктивних самохідних комплексів, які виконують повний цикл операцій: зрізування гички, підкопування, викопування, очищення, накопичення та вивантаження коренеплодів. Дослідження початку 2000-х років уже фіксували тенденцію до переходу від роздільної системи збирання до використання 4–6-рядних бункерних машин, здатних забезпечити високу продуктивність на великих полях і зменшити залежність від ручної праці. Паралельно відбувалося вдосконалення робочих органів, систем очищення та транспортування, що дозволяло зменшувати пошкоджуваність коренеплодів та вміст домішок. Уже в 1980-х роках у фахових виданнях прогнозувалося, що рівень повної механізації збирання буряків суттєво зростатиме, що в подальшому підтвердили результати масового впровадження багаторядних машин у провідних країнах-виробниках. Сучасний етап розвитку характеризується широким застосуванням самохідних 6–12-рядних комбайнів, інтегрованих у цифрові системи управління виробництвом і логістикою.

Ринок технологій збирання цукрових буряків сьогодні формується навколо високопродуктивних самохідних машин провідних виробників, таких як ROPA Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH, Holmer Maschinenbau та Grimme. Сучасні комбайни цих марок оснащуються двигунами потужністю 700–800 к. с., 6–9-рядними або навіть 12-рядними підкопувально-викупувальними апаратами та бункерами великої місткості, що забезпечує

високу продуктивність збирання за мінімальної кількості переїздів і зупинок. Конструкція робочих органів орієнтована на малотравматичне поводження з коренеплодами: застосовуються спеціальні системи попереднього зрізування гички з автоматичним підтриманням глибини, опорні колеса та копіювальні елементи, а також багатоступеневі очисні панелі з кулачковими та притискними вальцями, що зменшує пошкодження поверхні кореня. До ключових тенденцій належать підвищення надійності вузлів, модульність конструкцій та можливість швидкого адаптування машин до різних ґрунтово-кліматичних умов та схем логістики.

Одним із визначальних трендів у технології збирання цукрових буряків є переорієнтація з максимальної продуктивності на максимізацію якості коренеплодів та зменшення втрат цукру. Останні дослідження показують, що якість збирання визначається не лише рівнем механічних втрат, а й глибиною зрізування гички, ступенем пошкодження шкірки, кількістю ударів і зламів коренів при проходженні очисних органів. Порівняльні випробування різних моделей комбайнів із альтернативними схемами очищення (наприклад, з використанням кулачкових та притискних вальців замість інтенсивних роторних систем) свідчать про суттєве зниження пошкоджуваності та покращення збереження маси коренеплодів при більш «делікатному» очищенні. Відповідно, в конструкторських рішеннях пріоритет надається керованості режимів роботи очисних систем, можливості швидкої зміни частоти обертання й амплітуди коливань, а також точному налаштуванню взаємодії між робочими органами й ґрунтовим шаром. Це доповнюється автоматизованим контролем висоти зрізу гички, що дозволяє одночасно мінімізувати залишкову гичку та уникати зайвого втраченого цукру через надмірне зрізання верхньої частини кореня.

Наступною ключовою тенденцією є глибока інтеграція комбайнів для збирання буряків у системи точного землеробства. Сучасні машини комплектуються супутниковими системами навігації, автопілотом, датчиками бокового зсуву, системами контролю тиску в шинах і бортовими комп’ютерами з функціями картографування врожайності та забрудненості. Паралельно розвиваються модулі дистанційної діагностики та телематики, що передають у реальному часі дані про продуктивність, витрату палива, завантаженість бункера й параметри ґрунту. Це дозволяє агровиробникам оптимізувати схеми руху техніки, визначати зони з підвищеними втратами, переглядати картограми врожайності для коригування систем удобрення й меліорації, а також планувати завантаження переробних потужностей. У перспективі очікується ширше використання штучного інтелекту для автоматичного налаштування робочих органів залежно від стану посіву, типу ґрунту й погодних умов, що ще більше підвищить стабільність якості збирання.

Зростання продуктивності самохідних комбайнів природно висуває на перший план питання оптимізації логістики. Сучасні технологічні схеми дедалі частіше передбачають розділення функцій викопування та транспортування: комбайн концентрується на акуратному збиранні та попередньому очищенні, тоді як завантаження у транспортні засоби здійснюється або безпосередньо з бункера, або за допомогою окремих завантажувачів-очищувачів (cleaner-loader). Нові покоління таких машин обладнуються розширеними системами очищення та навіть оптичними сенсорами, які дозволяють відокремлювати грудки ґрунту та каміння, підвищуючи чистоту сировини ще до прибуття на завод. Інтеграція GPS та систем реєстрації обсягів перевезень дає можливість агропідприємствам детально планувати логістичні маршрути, оптимізувати використання автопарку та зменшувати простої комбайнів. На цьому тлі поширюється модель контрактного збирання, коли високовартісні комбайни й cleaner-loader працюють у складі спеціалізованих сервісних компаній, які обслуговують кілька господарств, забезпечуючи повний цикл «поле – бурякоприймальний пункт».

Сучасні тенденції в технології збирання цукрових буряків тісно пов’язані з вимогами щодо скорочення витрат палива та зниження викидів парникових газів. Виробники комбайнів реалізують комплекс рішень, серед яких застосування двигунів зі зниженою номінальною частотою обертання, гідростатичних або безступінчастих трансмісій, інтелектуальних систем керування гідравлікою, що адаптують потужність до фактичного навантаження. Паралельно

впроваджуються конструктивні заходи для зменшення маси машин без втрати міцності, зокрема через використання високоміцних сталей та оптимізацію несучих елементів. На ринку збиральної техніки для коренеплодів фіксується тренд на електрифікацію окремих приводів, а в довгостроковій перспективі – на поєднання традиційних дизельних моторів із гібридними або повністю електричними системами приводу. Важливим напрямом є також зменшення ущільнення ґрунту за рахунок використання шин великого об'єму, систем регулювання тиску та оптимізації розподілу маси машини між осями, що сприяє збереженню агрофізичних властивостей ґрунту й довгостроковій стійкості агроландшафтів.

Україна характеризується надзвичайно великими середніми площами господарств, що займаються вирощуванням цукрових буряків, причому переважають вертикально інтегровані агрохолдинги, які контролюють як вирощування, так і переробку. Це стимулює запровадження високопродуктивної техніки, здатної ефективно працювати на великих масивах із мінімальними витратами робочої сили. Провідні компанії, такі як Astarta та UPI Agro, декларують використання парку сучасної імпортної техніки зокрема машин марок ROPA та Holmer для забезпечення якісного і своєчасного збирання. Високий рівень урожайності та збільшення експорту цукру в останні сезони підтверджують, що модернізація збиральної техніки є одним із ключових факторів конкурентоспроможності української галузі на європейському ринку, навіть за умов воєнних ризиків і логістичних викликів. Разом з тим для малих і середніх господарств вартість таких машин залишається надзвичайно високою, що посилює актуальність кооперaційних форм експлуатації техніки та розвитку регіональних сервісно-збиральних центрів.

Подальший розвиток технології збирання цукрових буряків, згідно з аналітичними оглядами, відбуватиметься у напрямі збільшення пропускної здатності машин у поєднанні з додатковим зниженням травмування коренеплодів, вмісту домішок та ущільнення ґрунту. Очікується ширше застосування систем машинного зору та штучного інтелекту для автоматичного розпізнавання рядків, регулювання висоти зрізування гички і налаштування режимів очищення в реальному часі. Перспективним є поєднання даних із комбайнів із аерофотозйомкою та супутниковим моніторингом для формування багатошарових карт, що враховують просторову неоднорідність посівів і дають змогу гнучко коригувати агротехнології. В умовах кліматичних змін актуальними стають рішення, спрямовані на стабільну роботу техніки на полі з перезволоженим ґрунтом або в посушливі роки, а також адаптація робочих органів до збільшення частки важких ґрунтів і зміни структури посівів у сівозмінах. Додаткові перспективи відкриває розвиток роботизованих платформ для збирання на невеликих та фрагментованих полях, де використання габаритних машин економічно недоцільне.

Отже, сучасні тенденції в технології збирання цукрових буряків формуються під впливом двох взаємопов'язаних груп чинників: потреби у підвищенні економічної ефективності виробництва та необхідності забезпечити високу якість коренеплодів за мінімального впливу на ґрунтове середовище. Перехід до самохідних багатоопераційних комбайнів, орієнтація на зниження пошкоджуваності коренів, цифровізація процесів збирання та логістики, впровадження енергоощадних і екологічно дружніх технологічних рішень є узагальненими глобальними трендами. Для України, з її великими площами вирощування, високим потенціалом урожайності та значною роллю експорту бурякового цукру, особливо важливими є модернізація парку збиральної техніки, розвиток контрактних форм збирання та інтеграція технологій точного землеробства в повний ланцюг «поле – завод». Реалізація цих напрямів сприятиме підвищенню стійкості та конкурентоспроможності бурякоцукрового підкомплексу на національному й міжнародному рівнях, а також створить основу для подальших інновацій у сфері машин та технологічних процесів збирання цукрових буряків.

УДК 621.89:621.879.3

FEATURES OF EXCAVATOR BUCKET TOOTH WEAR

Borak K. V., doctor of technical sciences, professor,
Uminskyi O.V., postgraduate student,
Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

In modern earthmoving machines, excavator bucket teeth are one of the most heavily loaded and rapidly wearing elements of working equipment. They interact directly with the soil environment, rock fragments, construction debris, and other abrasive particles, which causes a complex set of tribological processes on their working surfaces. The productivity of the excavator, the energy intensity of the working process, the accuracy of soil development, and the cost of earthmoving work depend on the intensity and nature of tooth wear.

The wear of excavator bucket teeth is characterized by the predominance of abrasive and impact-abrasive mechanisms of destruction of the surface layer of the material. When the bucket is dug into the ground and moved, there is a relative movement between the working edge of the tooth and hard inclusions that act as abrasive grains. They cut, scratch, and press into the surface, forming furrows, microcracks, and local depressions. Under conditions of increased loads and the presence of large fragments of rock or concrete, an impact mechanism is added to the abrasive mechanism, causing local chipping of microvolumes of metal, chipping of edges, and micro-impact fatigue destruction. The combination of these processes forms complex wear, which manifests itself in a decrease in tooth length, blunting of its cutting edge, a change in profile geometry, and an increase in surface roughness.

An important feature of bucket tooth wear is the significant influence of the properties of the working environment. When working in soft cohesive soils, such as clay with a low content of solid inclusions, the wear rate is relatively low, and microcutting and microplastic deformation of the surface dominate. In sand-gravel mixtures, crushed stone, frozen soils, and rock, abrasive particles have higher hardness and sharp shapes, which contributes to intensive microcutting and chipping. Under such conditions, rapid tooth loss, significant wear of their end part, and the appearance of a characteristic wedge-shaped profile are observed. The presence of water, ice, or mud can change friction and mask the hard skeleton of the soil, but in general does not eliminate the action of the abrasive, and sometimes even intensifies it due to the formation of a highly abrasive suspension.

The nature of wear is significantly influenced by the operating parameters of the excavator. Increasing the penetration force, cutting speed, and bucket filling speed usually accelerates the process of tooth surface destruction. Excessive bucket feed into the soil causes overloads, leading to unstable movement, shocks, and vibrations that increase fatigue and impact-abrasive wear. On the other hand, too little working force reduces the machine's productivity and leads to the teeth sliding across the surface without effective cutting, which also contributes to abrasive wear due to prolonged friction. Thus, it is necessary to rationally coordinate the operating mode of the excavator's hydraulic drive, the trajectory of the bucket's movement, and the properties of the soil in order to minimize the intensity of tooth wear.

The material of the bucket teeth plays a key role in determining their wear resistance. Traditionally, high-strength alloy steels or wear-resistant steels of increased hardness, as well as special wear-resistant cast alloys, are used to manufacture teeth. High hardness increases resistance to abrasive wear, but excessive hardness without taking viscosity into account can lead to brittle fracture under impact loads. The optimal ratio of hardness and toughness is achieved by alloying with manganese, chromium, nickel, boron, and using appropriate heat treatment modes, in particular hardening and high tempering or volumetric hardening followed by surface heat treatment. The formation of a wear-resistant martensitic-troostite-type structure with finely dispersed carbides provides increased resistance to abrasive and impact-abrasive wear.

Special attention should be paid to the processes of surface hardening of the bucket teeth.

Welding of wear-resistant alloys, spraying of hard coatings, induction hardening, or the use of bimetallic structures can significantly extend the service life of working parts. Surface layers with increased hardness and the presence of hard carbide phases form a barrier to the penetration of abrasives into the metal. At the same time, the sublayer with a more viscous material absorbs shock loads, reducing the risk of brittle fracture.

The geometry of the bucket teeth determines the nature of interaction with the soil and, accordingly, the stress distribution pattern on their working surface. The sharp angle of the cutting edge promotes effective soil cutting and reduces the penetration force, but at the same time reduces the bearing surface area, which increases contact stresses and accelerates wear. As the radius of the tooth blunting increases and its profile changes, the tendency for local chipping decreases, but the energy consumption of the process and the intensity of sliding friction increase. In real conditions, over time, the teeth self-form a new geometry due to uneven wear, and this geometry is not always optimal in terms of productivity and energy consumption. Therefore, the structural formation of the profile, taking into account the direction of the main abrasive flows and areas of maximum contact stresses, is an important direction for improving the working bodies.

Another feature is the uneven wear of teeth within a single bucket. The outer teeth are usually subjected to more intense abrasive particle impact due to the characteristics of the bucket's movement trajectory, the possibility of side cutting, and greater susceptibility to impact when colliding with hard inclusions. The central teeth often operate under more stable loads, but also suffer significant abrasive wear. As a result, an uneven profile of the bucket's cutting edge is formed, which impairs the quality of soil development and increases dynamic loads on the structure. Regular inspection and timely replacement of individual teeth or the entire set is a necessary condition for maintaining the excavator's performance.

It is important to emphasize the role of organizing maintenance and monitoring the condition of the bucket teeth. Timely detection of critical wear, cracks, chips, or deformations allows you to avoid emergencies associated with tooth breakage and the ingress of its fragments into the transported mass or the working parts of the crushing equipment. To this end, visual inspections, measurements of the length and profile of the teeth, periodic replacement of worn elements, and the use of replaceable tips attached to the base with locking elements are used. This design allows for quick replacement without dismantling the bucket, reduces equipment downtime, and lowers repair costs.

A promising direction for increasing the service life of bucket teeth is the use of modern methods of modeling and diagnosing wear processes. Computer modeling of the stress-strain state of teeth, taking into account contact interaction with the soil environment, allows you to identify critical areas where the material should be strengthened or the shape changed. Tribological testing methods for material samples in laboratory conditions make it possible to evaluate resistance to abrasive, impact-abrasive, and erosive wear in conditions close to real-life operation.

In general, the wear characteristics of excavator bucket teeth are determined by a combination of abrasive, impact-abrasive, and fatigue failure mechanisms, which occur under harsh conditions of high contact stresses, significant dynamic loads, and aggressive abrasive environments. The intensity of wear is influenced by soil properties, machine operating parameters, the material and structure of the teeth, their geometry, the quality of surface hardening, and the level of maintenance. A comprehensive approach combining design optimization, the use of modern wear-resistant materials, effective surface hardening methods, and rational operating modes can significantly increase the service life of bucket teeth, reduce operating costs, and improve the technical and economic performance of excavators.

УДК 621.34

АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ ДЛЯ ТЕРМОХІМІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ

Золотовська О. В., к.т.н., доц.,
Слаква С. О., асистент,
Горобець В. Ю., здобувач вищої освіти «Бакалавр»
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Зростання вартості традиційних енергоресурсів і необхідність зменшення викидів забруднювальних речовин в атмосферу зумовлюють підвищений інтерес до використання відновлюваних джерел енергії, зокрема рослинної біомаси. Сільськогосподарські та деревообробні відходи є доступною та перспективною сировиною для процесів термохімічної конверсії, таких як піроліз і газифікація, що дозволяють отримувати горючі гази та інші види енергоносіїв. Ефективність цих процесів значною мірою визначається фізико-технічними характеристиками біомаси, які залежать від її походження, умов зберігання та попередньої підготовки. Найбільш важливими параметрами є вологість, зольність, елементний склад і теплота згоряння, які безпосередньо впливають на тепловий баланс процесу, стабільність роботи установок і якість отриманого палива. Тому технічний аналіз властивостей органічного палива рослинного походження є необхідним етапом при розробці та вдосконаленні технологій термохімічної переробки біомаси [1,2].

Метою роботи є узагальнення фізико-технічних характеристик рослинної біомаси та сільськогосподарських відходів, визначення їх енергетичних властивостей і оцінка придатності до використання у процесах термохімічної конверсії з метою отримання паливного газу.

Склад рослинної біомаси та її фізико-технічні характеристики значною мірою залежать від виду сировини та умов її зберігання. Одним із найважливіших параметрів є вологість, яка може перебувати у зв'язаному або вільному стані. Кількість зв'язаної вологи визначається структурою матеріалу, тоді як вміст вільної вологи залежить від вологості навколишнього середовища. Вологість деревини може досягати 50%, тоді як у сільськогосподарських відходах вона зазвичай становить близько 10 – 12 %. Підвищена вологість призводить до зниження ефективності використання біомаси як палива, оскільки значна частина енергії витрачається на випаровування води. Крім того, зростають витрати на транспортування та зберігання сировини.

Важливим показником якості біомаси є зольність, яка характеризує вміст мінеральних речовин. У деревині вміст золи зазвичай становить близько 0,5% і представлений переважно карбонатами та солями органічних кислот із невеликою кількістю кремнезему. У деяких видах рослинних відходів, зокрема в луззі соняшника, вміст золи може досягати значно більших значень. Наявність мінеральних домішок призводить до зниження теплотворної здатності біомаси та може спричиняти утворення шлакових відкладень у теплотехнічному обладнанні. Температура розм'якшення золи зазвичай перебуває в межах 1200 – 1400 °С, що необхідно враховувати при виборі температурних режимів термохімічної переробки [3].

Узагальнені значення фізико-технічних характеристик органічної біомаси у перерахунку на робочу масу показують, що вологість може змінюватися в межах 45 – 60 %, зольність становить близько 1,35%, вміст вуглецю – близько 30%, водню – близько 2%, кисню – близько 10%, азоту – близько 0,3%, а сірки – близько 0,05%. Нижча теплота згоряння такої біомаси становить близько 8,8 МДж/кг. При зменшенні вологості теплота згоряння значно зростає, що підтверджується результатами досліджень сухих відходів деревообробної промисловості, для яких теплота згоряння може досягати 17 МДж/кг при вологості близько 25%. Такі відходи зазвичай представлені тирсою, стружкою та тріскою з насипною густиною близько 150 кг/м³ і широким діапазоном фракційного складу.

Сільськогосподарські відходи характеризуються відносно стабільними фізико-технічними показниками. Для лузги соняшника, лушпиння вівса та гречки вологість становить у середньому 6 – 10%, зольність – від 2,7 до 8%, а теплота згоряння – від 14 до 17 МДж/кг. У реальних умовах експлуатації вологість може бути на кілька відсотків вищою, що відповідно знижує теплотворну здатність. Загалом теплота згоряння сільськогосподарських відходів змінюється у відносно вузькому діапазоні від 13,3 до 17 МДж/кг, що свідчить про їх високу енергетичну цінність.

Елементний склад сільськогосподарських відходів є досить однорідним. Вміст вуглецю становить близько 50%, кисню – близько 42%, водню – близько 6%, тоді як вміст азоту і сірки є незначним. Низький вміст сірки та помірний вміст азоту забезпечують відносно невисокі викиди оксидів сірки та азоту при термічній переробці, які зазвичай не перевищують 600 мг/м³. Високий вміст летких речовин, що може досягати 80% і більше, свідчить про високу реакційну здатність біомаси та сприяє інтенсифікації процесів горіння і газифікації.

Мінеральна частина біомаси характеризується значними коливаннями складу. Найбільшу частку становлять оксиди кремнію, кальцію, калію та заліза. Вміст цих компонентів може змінюватися в широких межах залежно від виду сировини та умов її вирощування. Наявність лужних металів може впливати на процеси шлакоутворення та забруднення поверхонь нагріву.

Окрему групу органічного палива становить торф, який утворюється в результаті неповного розкладання рослинних залишків. У природному стані торф має високу вологість, тому перед використанням потребує попереднього сушіння. У повітряно-сухому стані його вологість становить 15–25%. Торф містить значну кількість мінеральних речовин, вміст яких може досягати 36%, що суттєво впливає на процес газифікації. Вміст вуглецю в торфі становить 54–60%, водню – 3–9 %, кисню – 28–40 %, азоту – до 3%, а сірки – до 1,5%. Теплотворна здатність горючої маси торфу становить 19,7–25,1 МДж/кг.

Процес термічного розкладання торфу подібний до розкладання деревини і відбувається у кілька стадій. При нагріванні до температури близько 100 °С відбувається видалення вологи, після чого починається процес піролізу з виділенням вуглекислого газу та водяної пари. Найбільш інтенсивне виділення газоподібних продуктів починається при температурах вище 150 °С. З підвищенням температури збільшується вихід смол і газів та зменшується кількість твердого залишку.

Деревина складається переважно з целюлози, геміцелюлози та лігніну з невеликим вмістом мінеральних речовин. Її структура є анізотропною, що призводить до нерівномірного теплового розширення при нагріванні. У результаті виникають внутрішні напруження, які спричиняють утворення тріщин. Це сприяє збільшенню реакційної поверхні та інтенсифікації процесів сушіння і піролізу. Під час термічного розкладання деревини виділяються газоподібні продукти, що складаються з оксиду вуглецю, водяної пари, вуглеводнів та смол, а також утворюється твердий вуглецевий залишок.

Вихід летких речовин у рослинній біомасі є важливим показником, що визначає особливості процесу горіння. За різними даними він може змінюватися від 65 до 87% залежно від температури піролізу та тривалості перебування частинок у реакційній зоні.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що рослинна біомаса є перспективним видом органічного палива для процесів термохімічної конверсії. Сільськогосподарські відходи характеризуються відносно низькою вологістю, помірною зольністю та достатньо високою теплотою згоряння, яка становить 13,3–17МДж/кг. Низький вміст сірки та азоту забезпечує відносно невисокі викиди шкідливих речовин при термічній переробці. Високий вміст летких речовин свідчить про високу реакційну здатність біомаси та її придатність до газифікації. Отримані узагальнені фізико-технічні характеристики можуть бути використані при розрахунку та розробці установок для термохімічної переробки рослинної сировини з метою отримання паливного газу.

Список використаних джерел

1. Трачук А. Аналіз потенціалу та перспектив розвитку технологій біомаси в Україні. *Енергетика: економіка, технології, екологія.* 2024. № 1. С. 5–15.
2. Харитонов М. М., Рула І. В., Мартинова Н. В., Золотовська О. В., Березняк О. О. Особливості процесів термолізу вугільної золи виносу та осаду стічних вод окремо та в суміші з біомасою енергокультур. *Екологічні науки.* 2024. № 3(54). С. 113–120.
3. Kamruzzaman M., Bhattacharjya D. K., Alam E., Karim M. R., Al Hattawi K. S. Thermochemical and physical characterization of agricultural biomass for sustainable energy. *Energy Reports.* 2025. Vol. 13. P. 1927–1940.

УДК 629.027:629.3.08

СПОСОБИ РЕМОНТУ РЕСОР АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

Грудовий Р. С.,[1] к.т.н., доц.,
Федорчук А. О.,[2] викладач,
Куторженко С. І.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Полінкевич С. В.,[2] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Ресори автотракторної техніки належать до відповідальних елементів ходової частини, від яких залежать плавність ходу, стійкість машини, рівномірність навантаження на осі та безпека руху. Інтенсивна експлуатація в умовах сільськогосподарського виробництва, рух по ґрунтових дорогах з підвищеною нерівністю, перевантаження транспортних засобів призводять до прискореного зношування, появи тріщин, пластичних деформацій та поломок листових ресор. Ефективна система ремонту ресор дозволяє продовжити ресурс автотракторної техніки, знизити витрати на придбання нових вузлів та забезпечити надійність машинно-тракторного парку.

Ресора автотракторної техніки, як правило, є багатолистовою пружною системою, що складається з набору сталевих листів різної довжини, стягнутих у пакет хомутами й центрувальним болтом. Листи виготовляють із ресорних сталей (типу 60С2А, 65Г тощо) з наступною термічною обробкою (гартуванням і відпуском) для забезпечення необхідної пружності, межі витривалості та ударної в’язкості. Кінці головного листа часто виконують у вигляді вушок з втулками, які слугують опорними елементами для кріплення ресори до рами або балок мостів.

В процесі роботи ресора піддається циклічним навантаженням на вигин із змінним знаком, що провокує виникнення втомних тріщин, зокрема в місцях концентрації напружень: у зоні вушок, отворів, переходів перерізів, контактів листів. Одночасно відбуваються корозійні процеси, зношування поверхонь тертя між листами, збільшення люфтів у втулках та пальцях. Це визначає типові дефекти, які необхідно враховувати при виборі способів ремонту.

Дефекти ресор доцільно класифікувати за характером пошкодження матеріалу та зміною геометричних параметрів:

Пластичні деформації: просідання ресори, зменшення стріли прогину, викривлення пакета в плані, перекіс відносно поздовжньої осі.

Втомні пошкодження: мікротріщини, поверхневі тріщини, втомні злами листів, особливо в прицентровій зоні та біля отворів.

Механічні пошкодження: задирання, вм’ятини, задирки, сколи кромок, порушення цілісності вушок.

Зношування поверхонь тертя: підвищений люфт у з'єднаннях, спрацювання втулок, пальців, опорних поверхонь.

Корозійні пошкодження: рівномірна або місцева корозія, корозійні вибоїни, що знижують міцність перерізу.

Діагностика включає зовнішній огляд, вимірювання стріли прогину під навантаженням і без нього, контроль геометрії, виявлення тріщин капілярними або магнітопорошковими методами, а також оцінку зносу втулок і пальців. На основі результатів діагностики приймають рішення: ремонт, часткова заміна елементів або повна заміна ресори.

Одним з найпоширеніших видів дефектів є просідання ресор унаслідок пластичної деформації металу. Для відновлення стріли прогину застосовують механічну правку листів на спеціальних стендах або пресах. Лист ресори встановлюють на опорах, а навантаження прикладають у середині прольоту або в декількох точках, формуючи необхідну криву згину.

Основні вимоги до правки: недопущення перевищення границі текучості матеріалу; забезпечення плавності кривини без зламів; обмеження кількості циклів правки, оскільки багаторазова пластична деформація знижує втомну міцність.

Крім правки, застосовують рихтування локальних деформацій – вирівнювання вм'ятин, викривлень кромок, усунення перекосів. У деяких випадках використовують механічне підрізання кромок і шліфування зон із надмірними концентраторами напружень (задирки, мікросколи), формуючи плавні галтелі. Це знижує ризик зародження тріщин, але при цьому важливо не зменшити надмірно переріз листа.

Коли пружні властивості ресорних листів значно погіршуються, лише механічної правки недостатньо. У таких випадках застосовують термічну правку з локальним або повним нагріванням листа до певної температури, після чого здійснюють вигин до потрібної форми та проводять відповідну термообробку (гартування з відпуском).

Термічна технологія дозволяє: відновити необхідну твердість та пружність ресори; зняти залишкові напруження, що накопичилися в процесі експлуатації; зменшити ризик подальшого розвитку тріщин.

Однак недотримання режимів нагріву й охолодження може призвести до перегріву, окрихчення або недостатнього зміцнення матеріалу. Тому термічна правка повинна виконуватися згідно з регламентом, з використанням контрольних термодатчиків, печей або індукційних нагрівачів, а також із подальшим контролем твердості.

При наявності тріщин, особливо в кінцевих частинах листів або у вушках, актуальними є зварювально-наплавні способи ремонту. Перед зварюванням дефектну зону розчищають, розробляють тріщину V- або U-подібною канавкою, видаляють окалину та корозію. Зварювання здійснюють електродуговим або напівавтоматичним способом із підбором електродів, сумісних із ресорною сталлю.

Наплавлення застосовують для: відновлення зношених поверхонь вушок; нарощування перерізу в зонах надмірного зносу; формування нових опорних майданчиків під втулки.

Після зварювання та наплавлення обов'язковою є механічна обробка (точіння, шліфування, розточування отворів) до номінальних розмірів, а також локальна термообробка для зняття зварювальних напружень і відновлення структури металу. Надмірне наплавлення та різкий перехід між основним металом і наплавленим шаром є небажаними, оскільки це знову створює концентратори напружень.

Вузол кріплення ресори до рами та моста – один із найбільш навантажених. Втулки й пальці працюють в умовах граничного тертя, пилу, попадання вологи, що сприяє інтенсивному зношуванню. При збільшенні люфтів погіршується керованість, зростає динамічне навантаження на ресору та інші елементи ходової частини.

Основні варіанти ремонту:

- заміна втулок новими, виготовленими із сталі, бронзи чи полімерних матеріалів з підвищеною зносостійкістю;
- наплавлення та розточування вушок у разі їх розбиття, із доведенням отвору до номінального розміру;

- виготовлення та заміна пальців із легованих сталей з наступним термічним зміцненням;
- використання композитних або полімерних вкладишів, які зменшують коефіцієнт тертя та краще працюють у забрудненому середовищі.

Коректне відновлення цього вузла дозволяє зменшити ударні навантаження на ресору, продовжити її ресурс і підвищити комфортність руху.

Ресори автотракторної техніки працюють в умовах інтенсивних змінних навантажень та агресивного середовища, що зумовлює виникнення широкого спектра дефектів: від пластичних деформацій до втомних тріщин та корозійних пошкоджень. Сучасна практика ремонту ресор ґрунтується на застосуванні комплексу способів: механічної правки, термічної обробки, зварювально-наплавних технологій, відновлення й заміни вузлів кріплення, поверхневого зміцнення та антикорозійного захисту. Комбіновані технології, що поєднують правку, наплавлення, термообробку й шліфування, забезпечують найкраще співвідношення між вартістю ремонту та відновленим ресурсом ресор, за умови дотримання технологічних режимів. Важливим елементом є система контролю якості ремонту, яка включає діагностику дефектів, перевірку геометрії, твердості, відсутності внутрішніх зварювальних дефектів та оцінку люфтів у вузлах кріплення. Перспективи розвитку технологій ремонту ресор пов'язані з їх автоматизацією, використанням сучасних наплавлювальних матеріалів, впровадженням цифрових методів контролю форми та розрахунків напруженого стану, що дозволить підвищити надійність та довговічність автотракторної техніки в цілому.

УДК 637.146.3:664.8.03:66.012.1

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ СОЄВОГО МОЛОКА

Дерев'янко Д. А.[1], д.т.н., проф.,
Веремій Т. Б.[2], викладач,
Клименко В. В.[1],здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Глобальне зростання попиту на рослинні молочні альтернативи пов'язане з поширенням лактозної непереносимості, алергії на білки коров'ячого молока, етичних та екологічних міркувань, а також трендом «plant-based diet». Серед численних видів рослинних напоїв (вівсяний, мигдальний, рисовий, кокосовий тощо) соєве молоко займає провідну позицію завдяки високому вмісту повноцінного білка, сприятливому амінокислотному складу та вираженим функціональним властивостям.

Разом з тим, традиційні технології отримання соєвого молока мають низку недоліків: характерний «бобовий» присмак, нестабільність емульсії під час зберігання, наявність антипоживних компонентів (інгібітори трипсину, ліпоксигеназа, фітати), а також значні витрати енергії й води. Це зумовлює необхідність застосування перспективних технологічних рішень, спрямованих на підвищення якості та безпечності продукту й одночасну оптимізацію виробничих процесів.

Класичний промисловий процес виготовлення соєвого молока включає такі основні стадії: відбір і очищення соєвих бобів; замочування у воді (зазвичай 4–12 год залежно від температури); подрібнення замоченої сировини у водному середовищі (гаряче чи холодне подрібнення) з утворенням суспензії; екстракція та фільтрація суспензії з відокремленням рідкої фази (соєве молоко) від окари; термічна обробка (пастеризація або UHT) з інактивацією ферментів та мікрофлори; фортифікація (додавання цукру, ароматизаторів, мінеральних та вітамінних премікcів); гомогенізація та фасування у стерильну тару.

Найбільш поширеною є технологія з гарячим подрібненням, коли соєві боби після короткочасного бланшування або варіння подрібнюють у гарячій воді, що частково інактивує ферменти ліпоксигенази (LOX) і зменшує інтенсивність бобового аромату. Для забезпечення тривалого терміну зберігання часто застосовують UHT-обробку (135–150 °C протягом 2–5 с) з подальшим асептичним розливом у пакування типу Tetra Pak, що дає можливість отримати комерційно стерильний продукт кімнатного зберігання.

Перспективні методи переробки спрямовані на комплексне вирішення цих проблем при мінімальному термічному навантаженні та кращому збереженні харчової й біологічної цінності напою.

Застосування перегрітої пари на етапі попередньої термічної обробки цілих бобів дозволяє цілеспрямовано інактивувати ліпоксигеназу, суттєво зменшуючи інтенсивність бобового присмаку при одночасному збереженні білкової цінності. Дослідження показали, що оптимізовані режими обробки перегрітою парою забезпечують помітне зниження активності LOX та покращення сенсорних характеристик соєвого молока без втрати вмісту сирого протеїну.

Холодна плазма розглядається як ощадний нетермічний метод для модифікації поверхні зерен і білкових структур. Обробка холодною плазмою може ефективно знижувати активність ліпоксигенази та інгібіторів трипсину у соєвому молоці, при цьому краще зберігаються термолабільні нутрієнти. Такий підхід дозволяє одночасно зменшити бобовий присмак і підвищити харчову цінність продукту.

Імпульсне світло (pulsed light) – ще один нетермічний метод поверхневої обробки, що використовується для інактивації ферментів та мікроорганізмів. Для соєвих бобів існує можливість зниження активності ліпоксигенази внаслідок дії коротких інтенсивних світлових імпульсів, що зменшує утворення небажаних летких сполук без суттєвого нагрівання сировини.

Ультразвук високої інтенсивності (20–25 кГц) застосовують як на стадії екстракції, так і для гомогенізації готового напою. Він сприяє руйнуванню клітинних структур, підвищенню виходу білка й жирів у рідку фазу, зменшенню розміру частинок та покращенню стабільності емульсії. При відповідно підібраних режимах ультразвук може поєднувати ефекти гомогенізації та пастеризації, забезпечуючи мікробіологічну безпечність і подовжений термін зберігання при мінімальному нагріванні.

Ультрависокий тиск гомогенізації (200–300 МПа) дозволяє створювати дрібнодисперсні емульсії з підвищеною фізичною стабільністю та покращеною текстурою. Дослідження на соєвому молоці показали, що UHPH може бути ефективною альтернативою традиційним методам пастеризації й UHT, забезпечуючи порівняну або вищу мікробіологічну безпечність, кращу стабільність білково-жирової системи та менші зміни смаку й кольору.

Технологія імпульсних електричних полів ґрунтується на короткочасному прикладанні високовольтних імпульсів (десятки кВ/см), що призводить до електропорації клітинних мембран. У виробництві соєвого молока PEF демонструє потенціал як екстракційно-підсилювальна технологія, Обробка гідратованих бобів або соєвої суспензії сприяє кращому вивільненню ізофлавонів та інших біоактивних сполук у рідку фазу, не викликаючи суттєвого нагрівання.

Використання комплексів целюлази, геміцелюлази, пектинази та інших гідролітичних ферментів дає змогу частково руйнувати клітинні стінки, збільшуючи вихід розчинних білків, вуглеводів та фітохімікатів. Поєднання ферментативної обробки з ультразвуком, високим тиском або PEF посилює ефект, дозволяючи знизити температуру і тривалість термічної обробки.

Соєве молоко містить низку потенційно алергенних білків та антипоживних речовин, зокрема інгібітори трипсину, фітати та згадану ліпоксигеназу. Серед перспективних підходів до їх зменшення:

- термічна обробка (бланшування, варіння, UHT), що знижує активність ферментів та інгібіторів, але може негативно впливати на смак і вітамінний склад;

- ферментація соєвого молока з використанням молочнокислих бактерій або грибів, що розщеплюють частину антипоживних сполук та модифікують білкову фракцію, покращуючи перетравлюваність;

- обробка холодною плазмою, яка знижує активність ліпоксигенази та інгібітора трипсину без значного нагрівання продукту;

- комбіновані режими (наприклад, помірне нагрівання + ферментація + високий тиск), які дозволяють досягати синергічного ефекту щодо зниження алергенності при одночасному покращенні смаку й стабільності.

Аналіз сучасних наукових даних свідчить, що перспективні технології виробництва соєвого молока ґрунтуються на поєднанні інноваційних фізичних, хімічних та біотехнологічних методів з удосконаленою традиційною схемою переробки. Попередня обробка зерна (перегріта пара, холодна плазма, імпульсне світло, пророщування, ферментація) дозволяє суттєво знизити активність ліпоксигенази та рівень антипоживних чинників, покращуючи органолептичні властивості й харчову цінність напою. Інноваційні методи екстракції та диспергування (ультразвук, UHPH, PEF, ферментативна обробка) забезпечують більш повне вилучення білків і біоактивних речовин, підвищують фізичну стабільність емульсії.

Застосування високого гідростатичного тиску, імпульсних електричних полів, ультразвукової пастеризації, УФ-та мікрохвильової обробки створює передумови для отримання мікробіологічно безпечного продукту з мінімальним термічним ушкодженням компонентів. Функціональне збагачення соєвого молока макро- і мікронутрієнтами, пробіотиками та пребіотиками формує широкий спектр продуктів із підвищеною біологічною цінністю.

Перспективні технології виготовлення соєвого молока мають значний потенціал для промислової реалізації, але потребують подальших досліджень, пов’язаних з оптимізацією режимів обробки, оцінкою довгострокової стабільності, економічною ефективністю та споживчою прийнятністю.

УДК 634.75:631.5

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛУНИЦІ

Білецький В. Р.,[1] к.т.н., доц,
Федорчук А. О.[2], викладач,
Якимчук Н. С.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Полуниця садова (Fragaria × ananassa) є однією з найцінніших ягідних культур завдяки високій смаковій якості, вмісту вітамінів, органічних кислот, поліфенолів та антиоксидантів. Вона має короткий вегетаційний період, дає ранню продукцію і добре адаптується до різних ґрунтово-кліматичних умов, що зумовлює її популярність серед фермерських господарств і приватних виробників. Сучасні технології вирощування полуниці спрямовані на максимізацію врожайності та якості ягід при одночасному зниженні собівартості, раціональному використанні водних і мінеральних ресурсів та мінімізації антропогенного навантаження на довкілля.

Полуниця – багаторічна рослина з поверхневою, добре розгалуженою кореневою системою, що переважно зосереджена в шарі ґрунту 0–30 см. Така коренева система обумовлює високу чутливість рослин до щільності ґрунту, його зволоження та забезпеченості

елементами живлення. Оптимальна температура для росту і розвитку становить 18–25 °С, при цьому негативно позначаються як тривалі посухи, так і застій вологи.

Сорти полуниці поділяють на короткоденні (одноразове плодоношення), ремонтантні (багаторазове плодоношення) та нейтрального дня. Сортові особливості істотно впливають на вибір технології: строки садіння, тривалість експлуатації плантації, норми живлення, схеми формування кущів. Сучасні інтенсивні сорти характеризуються високою потенційною врожайністю, але водночас потребують стабільного зрошення і збалансованого мінерального живлення.

Найбільш придатними для полуниці є легкі та середні за гранулометричним складом суглинкові й супіщані ґрунти з нейтральною або слабокислою реакцією (pH 5,5–6,5), доброю водо- та повітропроникністю і високим вмістом органічної речовини. На важких, перезволожених або засолених ґрунтах коренева система потерпає від нестачі кисню та токсичних концентрацій солей, що призводить до зниження врожайності та якості ягід.

Полуниця є відносно зимостійкою культурою, але в регіонах з малосніжними зимами потребує захисту кореневої системи за допомогою мульчі, агроволокна або снігозатримання. У вегетаційний період культура вимоглива до рівномірного зволоження: критичними фазами з точки зору водозабезпечення є активний ріст листків, бутонізація та налив ягід. В умовах глобальних кліматичних змін, частішання посух і температурних стресів дедалі більшого значення набувають зрошувальні технології та адаптовані сорти.

Технологія обробітку ґрунту під полуницю повинна забезпечує створення глибокого розпушеного орного шару, вирівнювання поверхні поля та знищення бур’янів. Основний обробіток зазвичай включає оранку на глибину 25–30 см з попереднім внесенням органічних добрив, а також лущення стерні для провокації сходів бур’янів. Передпосівний обробіток передбачає культивацію, боронування та формування гряд. На інтенсивних плантаціях широкого поширення набуло вирощування на піднятих грядах з укладанням системи краплинного зрошення та мульчувальної плівки або агроволокна.

Важливим елементом є планування поверхні та водорегулюючі заходи, які забезпечують рівномірний розподіл зрошувальної води, попереджають застій вологи і ерозійні процеси. Це особливо актуально при переході від традиційних поверхневих способів зрошення до краплинних та підґрунтових систем, коли будь-яка нерівність поля може призводити до надмірного зволоження окремих зон і дефіциту – інших.

Високоякісний садивний матеріал – ключовий чинник інтенсивної технології. Для закладання плантацій використовують здоровий від шкідників і хвороб посадковий матеріал, сертифіковані за вірусологічними показниками, а також розсаду типу "фріго", що дає можливість гнучко регулювати строки садіння та отримання врожаю. Дослідження останніх років свідчать, що застосування розсади інтенсивних сортів, вирощеної в касетах з контрольованим режимом живлення та вологості, забезпечує формування більш потужної кореневої системи та підвищення ранньої врожайності.

Схеми розміщення кущів залежать від системи вирощування. У традиційній «мульчованій» технології часто застосовують схеми 0,8–1,0×0,25–0,3 м (однорядне або дворядне розміщення на грядці), у матовому рядку – з можливістю утворення вусами додаткових рослин. Інтенсивні системи передбачають обмеження кількості «розеток» на кущ і жорстке регулювання густоти стояння, що сприяє формуванню великих вирівняних ягід і зручності механізованого або напівмеханізованого збирання.

Полуниця має високі вимоги до мінерального живлення, особливо до азоту, фосфору, калію, кальцію та мікроелементів (бор, залізо, марганець, цинк). Внесення добрив традиційно проводили під основний обробіток та у вигляді підживлень. Проте сучасні технології все ширше застосовують фертигацію – подачу розчинених добрив разом із зрошувальною водою через систему краплинного зрошення. Такий підхід забезпечує високу рівномірність розподілу поживних речовин у кореневмісному шарі, знижує їх втрати та дає можливість оперативно коригувати дози залежно від фази розвитку рослин і результатів ґрунтової або листкової діагностики.

Результати досліджень засвідчують, що оптимізація норм добрив та режимів фертигації у поєднанні з краплинним або підґрунтовим зрошенням дає змогу підвищити врожайність та якість ягід полуниці, одночасно покращуючи водокористування та зменшуючи ризик вимивання нітратів за межі кореневого шару. Особливу увагу приділяють забезпеченню рослин кальцієм і бором, які відповідають за щільність та лежкість ягід, а також мікроелементам, що залучені до процесів фотосинтезу та антиоксидантного захисту.

Краплинне зрошення – базовий елемент сучасної технології вирощування полуниці. Використання краплинних ліній на грядах з мульчуванням дає змогу підвищити врожайність, покращити якість ягід, зменшити витрати води та агрохімікатів порівняно з традиційним поверхневим поливом. Дослідження показують, що підтримання вологозабезпечення на рівні близько 75–80 % від сумарного випаровування створює сприятливі умови для росту і плодоношення, не викликаючи перезволоження та дефіциту кисню в кореневій зоні.

Перспективним напрямом є підґрунтові системи подачі води, зокрема текстильне підґрунтове зрошення, коли вода подається у спеціальні геотекстильні елементи під кореневим шаром. Такі технології сприяють зменшенню випаровування вологи з поверхні ґрунту, скороченню кількості бур'янів, запобігають забрудненню плодів ґрунтовими частками й можуть працювати з очищеними стічними водами.

Сучасний етап розвитку технологій передбачає інтеграцію систем зрошення з цифровими технологіями: датчиками вологості ґрунту, кліматичними станціями, IoT-платформами та алгоритмами штучного інтелекту. Такі системи здатні автоматично коригувати тривалість та інтенсивність поливу на основі даних про стан ґрунту і мікроклімат, що підвищує ефективність використання води й енергоресурсів.

Мульчування поверхні ґрунту – один із найважливіших технологічних прийомів при вирощуванні полуниці. Застосування поліетиленових плівок, агроволокна або органічної мульчі (солома, подрібнені рослинні рештки, компост) знижує випаровування вологи, перешкоджає росту бур'янів, запобігає утворенню ґрунтової кірки та забрудненню ягід.

Доведено, що використання чорної або двоколірної (чорно-сріблястої) мульчувальної плівки в поєднанні з краплинним зрошенням сприяє підвищенню врожайності та покращенню органолептичних показників ягід. Водночас питання екологічної безпеки не біорозкладної пластикової мульчі (накопичення мікропластику у ґрунті, ускладнення утилізації) стимулює пошук альтернатив – біорозкладних полімерів, органічних матеріалів чи текстильних агроматеріалів на основі природних волокон.

Інтенсивні насадження полуниці схильні до ураження комплексом шкідливих організмів – грибковими, бактеріальними та вірусними хворобами, а також кліщами, попелицями та іншими шкідниками. Ефективний захист рослин базується на принципах інтегрованої системи: вибір стійких сортів, дотримання сівозміни, використання здорового садивного матеріалу, оптимальний режим зволоження та живлення, своєчасне видалення уражених рослин і рослинних решток.

За необхідності застосовують біологічні та хімічні засоби захисту, що дозволені для використання на ягідних культурах, з урахуванням строків очікування до збирання врожаю та вимог щодо максимально допустимих рівнів залишків пестицидів. Важливим елементом є моніторинг чисельності шкідників і розвиту хвороб, що дає змогу оптимізувати кількість обробок і зменшити пестицидне навантаження на агроекосистему.

У відкритому ґрунті полуницю вирощують переважно як ранню ягідну культуру з експлуатацією насаджень 2–3 роки. Технологія передбачає закладання плантації в літній або ранньоосінній період, формування гряд з краплинним зрошенням, мульчування та застосування збалансованої системи живлення. Важливим фактором є підбір сортів, адаптованих до конкретної ґрунтово-кліматичної зони, з урахуванням зимостійкості, стійкості до хвороб, термінів дозрівання і товарних якостей ягід.

У захищеному ґрунті (теплиці, плівкові тунелі, теплі грядки) можливе отримання надранньої та позасезонної продукції полуниці. Тут особливого значення набувають точні системи клімат-контролю, штучного досвічування, дозованого поливу та фертигації, а також

захисні заходи проти поширення хвороб у закритому середовищі. Висока щільність рослин і інтенсивність технології дають змогу досягати значно вищих показників врожайності з одиниці площі, але одночасно вимагають високої кваліфікації персоналу та значних капіталовкладень.

Сучасні тенденції розвитку ягідництва пов'язані з цифровізацією та автоматизацією технологічних процесів. На дослідних і комерційних плантаціях запроваджуються системи моніторингу мікроклімату та стану рослин на основі мережі IoT-сенсорів, які вимірюють температуру, вологість повітря і ґрунту, освітленість, водоспоживання та інші параметри. Отримані дані використовують для побудови моделей прогнозування врожайності, оптимізації поливів і внесення добрив, а також для раннього виявлення стресів.

Ще одним перспективним напрямом є застосування робототехніки – автономних мобільних платформ для моніторингу та догляду за рослинами, які здатні пересуватися між рядами, виявляти пошкоджені чи хворі листки та видаляти їх, зменшуючи потребу в ручній праці. Такі розробки дозволяють знижувати витрати на персонал, підвищувати оперативність агротехнічних операцій і забезпечувати сталий розвиток фермерських господарств.

Паралельно розвиваються селекційні програми, спрямовані на створення сортів полуниці з підвищеною стійкістю до хвороб, шкідників, абіотичних стресів та збагаченим вмістом біологічно активних речовин, що відкриває додаткові перспективи для функціональних продуктів харчування на основі полуниці.

Полуниця є високорентабельною і водночас технологічно вимогливою ягодою, для успішного вирощування якої необхідне комплексне врахування її біологічних особливостей, ґрунтово-кліматичних умов і сучасних технологічних можливостей. Інтенсивні технології базуються на застосуванні високоякісного садивного матеріалу, раціональних схем розміщення кущів, системи краплинного або підґрунтового зрошення у поєднанні з фертигацією, мульчуванням поверхні ґрунту, інтегрованим захистом рослин та ретельним моніторингом стану посівів. Використання краплинного та підґрунтового зрошення у поєднанні з оптимальними режимами водоподачі (близько 75–80 % ETc) дозволяє підвищити продуктивність насаджень і якість ягід, одночасно економлячи водні ресурси та зменшуючи ризики деградації ґрунтів. Мульчування поверхні та застосування екологічно безпечних матеріалів є важливим інструментом збереження вологи, боротьби з бур'янами і підвищення товарності продукції, а проблема утилізації традиційної пластикової плівки стимулює впровадження біорозкладних альтернатив. Цифрові технології – IoT-сенсори, системи штучного інтелекту, роботизовані платформи – відкривають нові можливості для точного землеробства в ягідництві, дозволяючи підвищувати ефективність використання ресурсів та прогнозованість виробництва. Подальші дослідження мають бути спрямовані на адаптацію інноваційних технічних рішень до умов конкретних регіонів, розроблення локальних регламентів зрошення та живлення, а також удосконалення системи підготовки фахівців з технології вирощування ягідних культур.

УДК 631.3:631.372:631.115

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Міненко С. В.[1], к.т.н., доц.,
Хоменко С. М.[2], к.т.н.,
Загородній Д. О.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Мішута В. Д.[1], здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Приднюк О. М., здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,

[1]*Поліський національний університет, м. Житомир, Україна*
[2]*Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна*

Рівень розвитку технічного сервісу сільськогосподарської техніки є одним із ключових чинників конкурентоспроможності аграрного сектору в країнах Європейського Союзу. Висока насиченість сільського господарства енергонасиченою, високотехнологічною технікою, значна частка автоматизованих і цифрових систем керування, а також жорсткі вимоги до безпеки та екологічності зумовлюють потребу у добре організованій сервісній інфраструктурі. Європейський ринок аграрної техніки має значні масштаби: лише ринок сільськогосподарських тракторів у Європі оцінюється у понад 12 млрд дол. США у 2024 р. і демонструє тенденцію до зростання. Відповідно, зростає і роль сервісних послуг як складової бізнес-моделі виробників та дилерських структур, а також як важливого елемента забезпечення надійності та безвідмовності машин.

Нормативне поле, у якому функціонує технічний сервіс сільськогосподарської техніки в країнах ЄС, формується поєднанням регламентів та директив ЄС, гармонізованих стандартів та національного законодавства. Важливе значення для машинобудування, у тому числі аграрного, має новий Регламент ЄС 2023/1230 щодо машин, який замінює чинну Директиву 2006/42/ЕС і з 2027 року встановлює оновлені вимоги до безпечності, у тому числі з урахуванням цифрових технологій, штучного інтелекту та кібербезпеки.

Для тракторів та іншої тягової техніки діють спеціальні правила типового схвалення, що стосуються безпеки конструкції, гальмівних систем, шуму, викидів та інших параметрів. Такі регламенти визначають вимоги до машин на етапі їх введення в обіг, але опосередковано впливають і на систему сервісу, оскільки технічне обслуговування й ремонт повинні забезпечувати збереження відповідності техніки цим вимогам протягом усього життєвого циклу.

Суттєвою особливістю правового поля ЄС є закріплене в законодавстві право доступу до інформації з ремонту та технічного обслуговування (Repair and Maintenance Information, RMI). Виробники тракторів та іншої сільськогосподарської техніки зобов'язані надавати таку інформацію зацікавленим сторонам (незалежним майстерням, фермерам, навчальним закладам) не гірше, ніж авторизованим дилерам, за прозорими умовами і за «розумну» плату, переважно через спеціалізовані інтернет-портали. Це створює правові передумови для розвитку конкурентного ринку сервісних послуг та зменшення монополізації обслуговування з боку окремих брендів.

Важливу роль у формуванні вимог до технічного сервісу відіграє система стандартизації. Європейський комітет з стандартизації через технічний комітет CEN/TC 144 «Tractors and machinery for agriculture and forestry» розробляє гармонізовані стандарти, що охоплюють безпеку конструкції, вимоги до експлуатаційної документації, методи випробувань та інші аспекти, пов'язані з експлуатацією й обслуговуванням машин.

У сфері безпеки широко застосовуються стандарти серії EN ISO 4254, які встановлюють вимоги до різних типів сільськогосподарських машин, зокрема до елементів трансмісії, захисних кожухів, систем захисту оператора тощо. Ці стандарти безпосередньо впливають на зміст регламентів технічного обслуговування, вимоги до періодичності контролю, обсягу діагностики та переліку обов'язкових процедур, що виконуються сервісними службами.

Паралельно розвиваються стандарти, орієнтовані на цифровізацію та автономізацію техніки. Наприклад, стандарти безпеки для автономних сільськогосподарських машин і тракторів, що розробляються Міжнародною організацією зі стандартизації, регламентують аспекти управління, взаємодії з оператором та контролю функцій, які мають бути враховані сервісними службами при налаштуванні, оновленні програмного забезпечення та діагностиці електронних систем.

Інтереси виробників аграрної техніки представляють галузеві асоціації, серед яких – CEMA та VDMA Agricultural Machinery, що беруть активну участь в обговоренні регуляторних ініціатив, а також у формуванні підходів до «кращого регулювання» (Better Regulation) у сфері машинобудування.

Особливістю технічного сервісу в ЄС є домінування дилерсько-сервісних мереж, які працюють у тісній взаємодії з виробниками техніки. Більшість провідних брендів формують розгалужену мережу авторизованих дилерів, кожен із яких поєднує функції продажу нової техніки, постачання запасних частин, гарантійного та післягарантійного обслуговування, а також консультацій і навчання персоналу клієнта. Такі мережі забезпечуються сучасними інформаційними системами, корпоративними стандартами якості сервісу та системою контролю показників роботи (час реагування, тривалість простою техніки, рівень задоволеності клієнтів).

За останні роки спостерігається посилення ролі сервісу як джерела доходів виробників. Ринок технічного обслуговування сільськогосподарської техніки глобально оцінюється у десятки мільярдів доларів США, причому значна частка цього обсягу припадає на Європу, враховуючи високу насиченість сільськогосподарських підприємств сучасними машинами. За оцінками аналітичних компаній, глобальний ринок послуг з технічного обслуговування аграрної техніки у 2024 р. сягнув близько 39,7 млрд дол. США, демонструючи прогнозовані темпи зростання понад 9 % на рік у середньостроковій перспективі.

Важливим сегментом є також незалежні сервісні компанії та ремонтні майстерні, які завдяки регулюванню у сфері RMI отримують доступ до технічної документації, діагностичного програмного забезпечення та навчання персоналу. Це створює конкурентне середовище, знижує вартість сервісу для кінцевого споживача й підвищує доступність послуг у віддалених сільських регіонах.

Ключовою тенденцією розвитку технічного сервісу в ЄС є перехід від переважно реактивного (аварійного) ремонту до превентивного та предиктивного обслуговування. Сучасна сільськогосподарська техніка обладнана телематичними системами, бортовими контролерами, численними датчиками, які у режимі реального часу відстежують параметри роботи двигуна, трансмісії, гідросистеми, робочих органів. Дані передаються до хмарних платформ виробника або дилера, де аналізуються для раннього виявлення відхилень і прогнозування відмов.

Дилерські структури, спираючись на цифрові сервіси виробників, здійснюють дистанційну діагностику, оновлення програмного забезпечення, налаштування машин під конкретні агротехнології замовника. Наприклад, окремі виробники впроваджують комплексну «e-business» платформу післяпродажного сервісу, що включає електронні каталоги, онлайн-замовлення запчастин, модулі для моніторингу парку техніки та управління сервісними викликами.

Іншою важливою особливістю є використання цифрових сервісних порталів, де розміщується ремонтно-обслуговувальна інформація для дилерів і незалежних майстерень. Це забезпечує єдиний простір технічної документації, оновлень та бюлетенів, що дає змогу підтримувати однаковий рівень сервісу в різних країнах та регіонах.

Сервісні служби в країнах ЄС поєднують стаціонарну та мобільну форми роботи. На базі дилерських центрів функціонують повноцінні майстерні, обладнані діагностичними стендами, підйомно-транспортним обладнанням, стендами для ремонту двигунів, трансмісій, гідроагрегатів. Одночасно діє мережа мобільних сервісних бригад, які здійснюють виїзне обслуговування в господарстві замовника, що особливо важливо в період польових робіт, коли простої техніки особливо затратні.

Поширеною практикою є запровадження сервісних контрактів на визначений період експлуатації машини або на певний мотогодинний ресурс. Такі контракти передбачають планові виїзди технічних спеціалістів, сезонну підготовку машин, регулярну заміну робочих рідин та фільтрів, діагностику ключових вузлів із використанням спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення.

Важливе значення має дотримання регламентів сервісу щодо очищення техніки, усунення наслідків корозії та механічного зносу. Європейські виробники та сервісні компанії особливу увагу приділяють правильному очищенню машин після сезону та між операціями, оскільки забруднення, залишки рослинності та агресивні середовища прискорюють корозію й

зношування.

Ефективне функціонування сервісної системи потребує висококваліфікованих кадрів, здатних працювати як з механічними, так і з електронними, гідравлічними та програмними системами сучасних машин. У країнах ЄС розроблено розвинуту систему професійної освіти та післядипломної підготовки у сфері технічного сервісу, яка включає навчання у професійних училищах, коледжах, університетах, а також тренінги та сертифікаційні програми, що проводяться виробниками техніки.

Окрему увагу приділяють навичкам безпечної роботи, оскільки обслуговування машин пов'язане з ризиком травмування, впливом шуму, вібрації, хімічних речовин тощо. Відповідні рекомендації щодо безпечної організації технічного обслуговування та ремонту в аграрному секторі містяться у кодексах і посібниках з безпеки та гігієни праці в сільському господарстві, підготовлених європейськими та міжнародними організаціями.

Система сервісу в ЄС тісно пов'язана з вимогами щодо безпеки праці та охорони довкілля. Від сервісних підприємств вимагається дотримання норм поводження з відходами (відпрацьованими мастилами, фільтрами, акумуляторами, зношеними деталями), використання сертифікованих матеріалів та технологій ремонту, що не створюють надлишкових ризиків для здоров'я персоналу та навколишнього середовища.

Нормативи безпеки при експлуатації та обслуговуванні машин, закладені в Регламенті 2023/1230 та пов'язаних стандартах, передбачають контроль за функціонуванням систем безпеки, блокувальних пристроїв, захисних огороджень, а також правильне інформування оператора через інструкції, попереджувальні написи та піктограми.

Крім того, у рамках політики «Зеленої угоди» посилюється увага до енергоефективності та викидів парникових газів, що стимулює власників машин підтримувати належний технічний стан двигунів та систем паливоподачі для зниження споживання пального й шкідливих викидів.

У межах ЄС простежуються певні регіональні відмінності в розвитку сервісної інфраструктури. У країнах Західної та Північної Європи, де традиційно високий рівень механізації, великі розміри господарств і розвинена кооперація, дилерські мережі щільні, сервісні центри добре забезпечені обладнанням, а рівень цифровізації сервісу є дуже високим.

У країнах Центральної та Східної Європи, які пізніше інтегрувалися до ЄС, спостерігається поступове наздоганяюче зростання сервісної інфраструктури, активний розвиток незалежних майстерень і розширення дилерських мереж глобальних брендів. Ринки цих країн часто демонструють вищі темпи зростання обсягів сервісних послуг, що пов'язано з оновленням парку техніки та збільшенням частки складних, електронно насичених машин.

Одночасно між країнами існують відмінності у структурі парку машин, частці вживаної техніки, рівні державної підтримки інвестицій у механізацію, що впливає і на структуру попиту на сервісні послуги (частка капітальних ремонтів, модернізацій, дооснащення системами точного землеробства тощо).

Перспективи розвитку технічного сервісу сільськогосподарської техніки в ЄС безпосередньо пов'язані з подальшою цифровізацією аграрного сектору. Новий Регламент 2023/1230 вперше чітко враховує аспекти штучного інтелекту, кібербезпеки та програмно-керованих функцій машин, що вимагатиме від сервісних служб нових компетенцій у галузі IT-безпеки, управління даними та інтеграції машин у цифрові платформи господарства.

Очікується подальше поширення предиктивного обслуговування на основі аналізу «великих даних» з бортових систем машин та хмарних сервісів, інтегрованих із системами управління господарством. Поширюватимуться віддалені сервісні операції, включно з дистанційною діагностикою, калібруванням та налаштуванням агрегатів, онлайн-консультаціями операторів.

У середньостроковій перспективі важливим драйвером змін стане також впровадження автономних та напівавтономних тракторів і машин, сервіс яких передбачатиме не лише традиційні механічні операції, а й управління складними програмно-апаратними комплексами, оновлення алгоритмів автономного руху, забезпечення відповідності вимогам

безпеки та кіберзахисту.

Система технічного сервісу сільськогосподарської техніки в країнах ЄС характеризується високим рівнем нормативного врегулювання, розвиненою інфраструктурою дилерсько-сервісних мереж, активною участю галузевих асоціацій у формуванні регуляторної політики та інтенсивною цифровізацією процесів обслуговування. Суттєвою особливістю є закріплене в законодавстві право доступу до ремонтно-обслуговувальної інформації, що створює умови для конкуренції між авторизованими дилерами та незалежними сервісними підприємствами й підвищує доступність послуг для фермерів.

Технологічною основою сучасного сервісу стають телематичні системи, дистанційна діагностика, хмарні платформи управління технікою та предиктивне обслуговування. Паралельно посилюються вимоги до безпеки праці, екологічності сервісних технологій, енергоефективності машин, що зумовлює необхідність системної підготовки й підвищення кваліфікації персоналу.

Розвиток технічного сервісу в ЄС надалі визначатиметься впровадженням нових регуляторних вимог (у тому числі щодо штучного інтелекту й кібербезпеки), поширенням автономних машин та зміною структури аграрного виробництва. Для країн, які орієнтуються на зближення з європейськими стандартами, вивчення досвіду організації технічного сервісу в ЄС є важливим підґрунтям для гармонізації нормативної бази, розвитку сервісної інфраструктури та підготовки фахівців нового покоління.

УДК 631.3:636.02

ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

Дерев'янко Д. А.,[1] д.т.н., проф.,
Веремій Т. Б.,[2] викладач,
Сорока Р. В.,[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Ніконенко М. С.[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр»,
Силін Л. М.[1] здобувач вищої освіти ОС «Бакалавр».
[1]Поліський національний університет, м. Житомир, Україна
[2]Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир, Україна

Інтенсифікація тваринництва на сучасних фермах неможлива без застосування комплексів машин та обладнання, що забезпечують механізацію й автоматизацію основних технологічних процесів – приготування і роздавання кормів, доїння, видалення гною, підтримання мікроклімату, водопостачання та гігієни приміщень. Надійність і стійкість роботи цих технічних засобів безпосередньо впливають на продуктивність поголів'я, якість продукції, рівень затрат праці та енергоресурсів.

У зв'язку зі зростанням частки імпортного високотехнологічного обладнання для годівлі й утримання тварин особливої ваги набувають питання його ремонтопридатності, адаптації до місцевих умов та організації ефективного сервісного супроводу протягом усього життєвого циклу. Система технічного сервісу повинна забезпечувати мінімізацію простоїв, попередження відмов, раціональне використання запасних частин і матеріалів, а також дотримання ветеринарно-санітарних вимог до виробництва продукції тваринництва.

Технічний сервіс тваринницьких ферм охоплює сукупність організаційних, технологічних і економічних заходів, спрямованих на підтримання працездатності, відновлення та розвиток парку машин і обладнання, що забезпечують реалізацію технологічного процесу виробництва продукції тваринництва. У виробничому циклі він виконує функцію «з'єднувальної ланки» між проектуванням, експлуатацією й модернізацією

технічних засобів, забезпечуючи їхню ефективну роботу в конкретних умовах господарства.

До основних завдань технічного сервісу належать: своєчасне технічне обслуговування та ремонт; удосконалення конструкцій машин на основі аналізу відмов; забезпечення ферми запасними частинами, витратними матеріалами та інструментом; підготовка й підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу; інформаційно-консультаційний супровід експлуатації обладнання. Реалізація цих завдань сприяє підвищенню коефіцієнта технічної готовності, продовженню строку до капітального ремонту і скороченню питомих витрат на утримання та ремонт машинного парку.

На тваринницьких фермах доцільно застосовувати планово-попереджувальну систему технічного обслуговування і ремонту, яка передбачає виконання регламентованих робіт через задані інтервали часу або напрацювання незалежно від наявності видимих відмов. Така система, широко апробована для сільськогосподарської техніки, дозволяє зменшити імовірність раптових відмов та оптимізувати використання ремонтних ресурсів.

У структурі технічного обслуговування виділяють:

- оперативне (експлуатаційне) обслуговування, яке виконує безпосередньо оператор обладнання (очищення, просте змащування, візуальний огляд, дрібні регулювання) і яке в зарубіжній літературі відносять до operational maintenance;
- планові технічні огляди й регламентні ТО – періодичні роботи, виконувані спеціалізованим персоналом (контроль стану вузлів, перевірка параметрів, поглиблене змащування, заміна окремих деталей, налаштування автоматичних систем);
- поточний ремонт – відновлення працездатності шляхом заміни та відновлення окремих деталей, вузлів і агрегатів без повного розбирання машини;
- капітальний ремонт – глибоке відновлення ресурсу обладнання з розбиранням, дефектуванням і заміною основних елементів, модернізацією конструкції за потреби.

Оптимальне поєднання зазначених форм забезпечує економічно обґрунтований рівень надійності, коли сумарні витрати на ремонт, обслуговування та простої є мінімальними.

Технологічні карти ТО та ремонту розробляють з урахуванням конструктивних особливостей та напрацювання обладнання. Для ліній приготування й роздавання кормів головними операціями є контроль та регулювання натягу транспортерних стрічок і ланцюгів, перевірка стану шнеків, ножів і лопатей, змащування підшипників, очищення дозаторів, контроль роботи електродвигунів і редукторів.

Для систем видалення гною важливими є регулярне очищення транспортувальних органів від налипань, перевірка герметичності гідросистем і насосів, контроль зносу скребків, тросів та направляючих плит. Недооцінка цих операцій призводить до зупинок лінії, підвищеного газоутворення та погіршення санітарного стану приміщень.

Обслуговування доїльних установок та молокопроводів регламентується суворими вимогами до санітарної обробки, вакуум-системи, пульсації та герметичності молокопроводу. Регулярна перевірка роботи вакуум-насосів, пульсаторів, стану гумових деталей, а також миття системи з використанням засобів мийки «на місці» є обов’язковою умовою стабільної якості молока і здоров’я вимені тварин.

Системи мікроклімату потребують періодичного очищення повітропроводів, вентиляторів, фільтрів, перевірки справності датчиків температури та вологості, налаштування контролерів. Допущення відхилень у роботі вентиляційних і охолоджувальних пристроїв спричиняє тепловий стрес у тварин та зниження продуктивності, тому для таких систем часто формують окремі сезонні регламенти ТО.

Сучасні підходи до технічного сервісу передбачають перехід від суто регламентної до діагностично-орієнтованої стратегії обслуговування, коли обсяги та періодичність робіт визначають з урахуванням фактичного технічного стану обладнання. З цією метою використовують як традиційні методи (вимірювання зазорів, вібрації, температури, електричних параметрів), так і спеціалізовані діагностичні прилади для контролю роботи вакуум-систем, електродвигунів, частотних перетворювачів, контролерів.

Для імпортних ліній годівлі та видалення гною важливо враховувати показники

ремонтопридатності – трудомісткість заміни вузлів, доступність місць контролю, наявність сервісної документації, адаптацію стандартів кріплення до місцевої номенклатури запасних частин. Дослідження показують, що оцінка ремонтопридатності на етапі вибору та впровадження обладнання дозволяє знизити експлуатаційні витрати та підвищити готовність технічних систем на фермі.

Перспективним напрямом є впровадження систем моніторингу на базі датчиків стану (струму, температури, вібрації, тиску) з передачею даних на контролери або хмарні сервіси, що дає змогу реалізувати концепцію предиктивного технічного обслуговування (predictive maintenance).

Ефективний технічний сервіс на фермі формується як поєднання робіт, які виконує власний інженерно-технічний персонал господарства, та послуг спеціалізованих сервісних центрів виробників або дилерів обладнання. У структурі господарства доцільно передбачити механічну майстерню, склад запасних частин, пост технічного обслуговування та приміщення для зберігання спеціального інструменту й приладів.

Сервісні підприємства забезпечують виконання складних діагностичних та ремонтних робіт, гарантійне й післягарантійне обслуговування, модернізацію систем автоматизації, оновлення програмного забезпечення контролерів і панелей керування, а також навчання персоналу ферми. У багатьох країнах сформовано розгалужену мережу дилерських центрів, які поєднують продаж обладнання з повним циклом сервісного супроводу, включаючи виїзні бригади й мобільні діагностичні комплекси.

Важливим організаційним завданням є раціональний розподіл функцій між фермою та сервісним центром, визначення переліку робіт, які доцільно виконувати власними силами (оперативне й частина планових ТО), і тих, що мають бути передані на аутсорсинг (складні ремонти, модернізація, калібрування вимірювальних систем).

Сучасний етап розвитку технічного сервісу характеризується активним впровадженням цифрових технологій, автоматизованих систем управління ТО і ремонтами, моделюванням сервісних процесів. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дає змогу формувати електронні бази даних про обладнання, планувати завантаження ремонтного персоналу, вести облік витрат матеріалів та запасних частин, аналізувати причини відмов і виявляти «вузькі місця» в організації сервісу.

Перспективним є застосування імітаційного моделювання систем масового обслуговування, що дозволяє оцінювати ефективність різних варіантів організації сервісу, кількість постів ТО, чисельність персоналу, структуру запасів і маршрути виїзних сервісних бригад. Такі моделі можуть бути адаптовані до умов конкретної ферми з урахуванням її спеціалізації, розміру поголів’я, номенклатури обладнання та сезонності навантажень.

Окремий напрям – інтеграція сервісних функцій у систему «розумної ферми», коли дані з датчиків стану машин і параметрів мікроклімату, годівлі й доїння автоматично передаються у єдину інформаційну систему, а алгоритми прийняття рішень формують попередження про необхідність виконання ТО. Це забезпечує перехід від реактивного до превентивного й предиктивного сервісу, зменшує час простою та ризики технологічних порушень.

Технічний сервіс машин і обладнання тваринницьких ферм є ключовою складовою системи виробництва продукції тваринництва, що забезпечує надійність, безперервність і технологічну безпеку основних процесів – годівлі, доїння, видалення гною, підтримання мікроклімату. Номенклатура технічних засобів ферм відзначається значною різноманітністю та складними умовами роботи, що зумовлює необхідність диференційованого підходу до їх технічного обслуговування і ремонту з урахуванням конкретних конструктивних і технологічних особливостей. Застосування планово-попереджувальної системи ТО і ремонту в поєднанні з елементами оперативного обслуговування та діагностичного контролю дозволяє знизити частоту відмов, оптимізувати використання ремонтних ресурсів і підвищити коефіцієнт технічної готовності обладнання. Для імпортного високотехнологічного обладнання особливо важливими є показники ремонтопридатності та наявність розвиненої сервісної інфраструктури; їх урахування на етапі вибору техніки є передумовою зниження

експлуатаційних витрат і ризиків простою. Подальший розвиток технічного сервісу тваринницьких ферм пов'язаний із цифровізацією сервісних процесів, впровадженням систем моніторингу технічного стану, імітаційним моделюванням організації ТО і ремонтів, а також інтеграцією сервісних функцій у концепцію «розумної ферми». Реалізація окреслених підходів потребує удосконалення матеріально-технічної бази, підготовки інженерно-технічних кадрів, розвитку мережі спеціалізованих сервісних центрів і нормативно-методичного забезпечення технічного сервісу в тваринництві.

УДК 631.15:636.03

ВПЛИВ ДОДАВАННЯ БІОМЕТАНУ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ГОРІННЯ ТА ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Борецька Т. Ю.
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Сучасний агропромисловий комплекс стоїть перед подвійним викликом: як зберегти високу продуктивність техніки і водночас суттєво знизити вуглецевий слід. Одним із найперспективніших напрямів є поступове введення біометану – відновлюваного метану, отриманого шляхом очищення біогазу, – у паливний баланс двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) сільськогосподарських машин. Однак перехід на біометан або біометан-дизельні / біометан-газові суміші не є тривіальною заміною: він суттєво змінює фізико-хімічні особливості процесу згоряння, а отже – стабільність роботи двигуна та розподіл енергії в його тепловому балансі.

Чистий біометан (вміст CH_4 > 96–98 %) за низкою ключових характеристик (теплота згоряння, октанове число, температура самозаймання) дуже близький до природного газу. Саме тому його додавання в циліндр двигуна здатне помітно покращувати стабільність горіння, особливо в режимах часткових навантажень та при роботі на збіднених сумішах. Висока швидкість поширення полум'я метану та відсутність важких вуглеводнів зменшують ймовірність локальних зривів полум'я, знижують коефіцієнт варіації індикаторного тиску (COVimep) та амплітуду циклічних коливань. Експериментальні дані свідчать, що при 20–40 % енергетичній частці біометану в суміші з дизелем або бензином циклічна нестабільність може зменшуватися на 15–35 % порівняно з базовим паливом, що особливо цінно для тракторів та комбайнів, які значну частину часу працюють у перехідних режимах [1].

Водночас введення біометану помітно впливає на тепловий баланс двигуна. Завдяки вищій температурі адіабатичного згоряння та меншій схильності до сажоутворення частка тепла, що йде на механічну роботу (індикаторний ККД), може зростати на 2–6 % у правильно налаштованих системах. Проте є й зворотний ефект: нижча температура вихлопу (на 30–80 °C при високих частках біометану) зменшує втрати з вихлопними газами, але одночасно знижує потенціал утилізації тепла в системах EGR чи турбонаддуву. Крім того, зміна теплоємності суміші та інтенсивності тепловідводу в стінки циліндра часто призводить до перерозподілу втрат: частка тепла, що йде на охолодження, може зрости на 1–4 %, якщо не оптимізувати кут випередження запалювання / впорскування та ступінь стиснення [2].

Таким чином, додавання біометану відкриває вікно можливостей для одночасного підвищення стабільності, зниження викидів (особливо NOx та сажі) та покращення паливної економічності. Але реалізувати цей потенціал можливо лише за умови тонкого налаштування паливно-повітряної апаратури, електронного керування та, в багатьох випадках, підвищення ступеня стиснення. Дослідження впливу біометану на стабільність горіння та тепловий баланс ДВЗ – це не просто науковий інтерес, а ключ до створення по-справжньому ефективної,

екологічної та економічно виправданої енергетичної бази українського агросектору майбутнього.

Список використаних джерел

1. Burlaka S., Kupchuk I., Boretska T., Gontaruk Ya., Melnyk M. Optimizing the process of mixing diesel fuel and biofuel in a blade mixer to improve mixture quality. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2024. Vol. 27, № 3. P. 31–52. https://doi.org/10.33223/epj/189437

2. Galushchak O., Burlaka S., Kupchuk I., Bondarenko V., Gontaruk Y. Environmental indicators of the operation of a diesel generator on a mixture of biofuels. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2023. Vol. 26, № 4. P. 195–208. https://doi.org/10.33223/epj/170759

UDC 664-436.1

ANALYSIS OF ENERGY COSTS IN GRANULATORS

Komar A. S., engineer
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

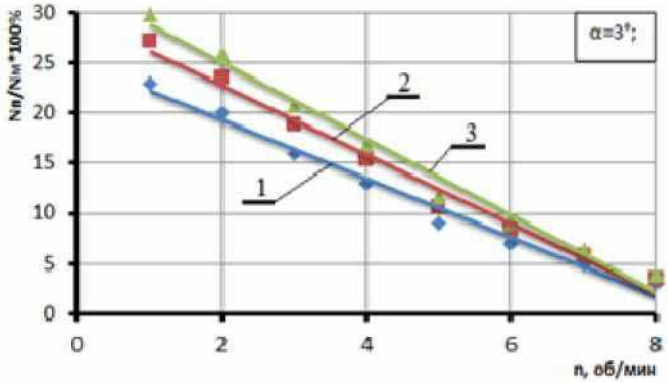
In today's highly employed environment, granulated/tableted products are becoming increasingly popular, as they improve the transportability of bulk raw materials, reduce caking, and prevent segregation of multi-component mixtures. Granulators are the key components in the production of such products [1-3].

Today, a wide variety of granulators are available for structuring food, pharmaceutical, and other products. Given the diversity, it becomes difficult to select the optimal granulation type specifically required for a given type of raw material, especially when many granulators are universal and can operate over a wide range of feedstock properties. Determining the energy costs of the process becomes crucial, which in turn directly impacts the cost and competitiveness of the finished product [4-6].

Vibratory granulators are frequently used; however, a review of the literature failed to yield information on the unit energy consumption of vibratory granulators, making it impossible to conduct a comparative analysis using the same units of measurement [6].

Mechanical energy consumption in vibratory drum granulators consists of the costs of converting frictional forces into a mechanical drive (friction in bearing assemblies, cylindrical gears, etc.) and processing costs: moving the granulated product, pellet rolling, flow segregation, etc. To determine the quantitative value of "useful energy consumption" compared to mechanical energy consumption, a series of experiments were conducted [4-6].

The results of the study of "useful energy consumption" as a function of belt agitation frequency are shown in the graph (Fig. 1) [6].



1 – A=1 мм, ν=30 Гц; 2 – A=1 мм, ν=50 Гц; 3 – A=3 мм, ν =20 Гц

Fig. 1. Dependence of "useful energy consumption" on the rotation frequency of the ribbon mixer

Data analysis suggests that "useful costs" account for no more than 28% of mechanical costs, and with increased operating parameters (oscillation frequency, amplitude, and oscillatory oscillations), they decrease to 22%. The physicochemical properties of the binder solution have a lesser impact on energy costs, accounting for approximately 0.3-1% of the total energy costs. For a comparative assessment of existing granulators, individual energy costs for the granulation process were used, measuring the amount of energy expended to produce one kilogram of product [7, 8].

Gear granulators have a wide range of applications, are characterized by a stable granulate production process, and are also compact. The energy consumption of these granulators is low, ranging from 11.2 to 22.4 kWh/t. Matrix granulators offer similar advantages, but their energy consumption is higher, ranging from 28 to 100 kWh/t. Extrusion press granulators also offer the advantage of continuous operation. Disadvantages of these granulators include the complexity of manufacturing the working parts, low productivity, and heating of the processed material due to high friction forces in the pre-matrix zone, which necessitates cooling [9, 10].

A comparative analysis shows that the specific productivity of trough vibratory granulators is approximately 12 t/(m^2 h). Drum and disc granulators, on the other hand, have a throughput of 980 kg/(m^2 h). Specific energy consumption for the granulation process is approximately 1.5 kW h/t for vibratory granulators and at least 5.3 kW h/t for ball granulators. However, these types of granulators produce highly unstable particle size distributions, which entails increased energy consumption for classification and reprocessing.

References

1. Komar A. S. Selecting a pellet granulator. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* Мат. IV Міжнар. наук.-практ. конф. мол. учених. (03-28 лютого 2025 р.) Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 184–185.

2. Болтянський Б. В. Конструктивно-технологічне вдосконалення вальцевих грануляторів з плоскою матрицею. *Науковий вісник ТДАТУ.* 2023. Вип. 13, т. 1. № 11. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-11

3. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Теоретичні аспекти вибору лінії гранулювання посліду перепелів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (01–24 листопада 2023 року). Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 345–348.

4. De Simone V. [et al.]. Wet-granulation process: phenomenological analysis and process parameters optimization. *Powder Technology*. 2018. Vol. 340. P. 411–419.

5. Popov A. M., Donya D. V. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials. *Foods and raw materials.* 2017. Vol. 5, No. 1. P. 137–143.

6. Yuan Q. [et al.]. Strategies to improve aerobic granular sludge stability and nitrogen removal based on feeding mode and substrate. *Journal of environmental sciences.* 2019. Vol. 84. P. 144–154.

7. Komar A. Lubricants for the main components of pellet presses. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (03–28 листопада 2025 року). Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. С. 281–282.

8. Komar A., Boltianska N. Ensuring the reliability of complex systems at different stages of operation. *Раціональне використання енергії в техніці – TechEnergy 2022:* матеріали XVIII Міжн. наук. конф. (17-19 травня 2022 року). Київ: НУБІП, 2022. С. 125-129.

9. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Теоретичні аспекти вибору лінії гранулювання посліду перепелів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (01–24 листопада 2023 року).

Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 345–348.

10. Болтянська Н. І. Напрями удосконалення робочого процесу вальцово-матричних прес-грануляторів. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції*: мат. Міжн. наук.-практ. форуму. Мелітополь: ТДАТУ. 2019. Ч. 1. С. 33–36.

УДК 637.5.03

ПЕРСПЕКТИВИ КРАФТОВОГО ВИРОБНИЦТВА МАРИНОВАНИХ КУРЯЧИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Губа С., ст.викл.,
Курант Д., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

М’ясна промисловість України має стратегічне значення при забезпеченні населення білковими харчовими продуктами. М'ясо залишається важливою складовою раціону харчування і не поступається за своїм хімічним складом іншим білковим продуктам. М’ясопереробна галузь України характерна своїми динамічними змінами і підлаштовуються як під сировинну базу, так і під потреби споживачів. Безсумнівно, лідируючими гравцями ринку є великі м’ясопереробні комплекси та заводи з різними як моно- так і мультикомплексними напрямками в асортименті. Проте частка попиту на м’ясні вироби, особливо охолоджені напівфабрикати задовольняється за рахунок локальних міні та крафтових виробників. В умовах жорсткої конкуренції серед попиту на якісну та натуральну продукцію, особливу відіграють крафтові виробництва м’ясних напівфабрикатів. Вони поєднують традиційні технології з сучасними підходами, пропонуючи споживачам широкий асортимент та «знайоме обличчя» регіонального виробника, що часто формує прихильність особливо в поєднанні ціна-якість [1].

Особливе місце в крафтовому м’ясному виробництві займають мариновані напівфабрикати, які поєднують зручність використання, високу якість та стабільні смакові характеристики. Застосування натуральних маринадів дозволяє покращити ніжність м’яса, посилити аромат і сформувати оригінальний смаковий профіль продукту. Суттєву частку серед м’ясних маринованих напівфабрикатів займають напівфабрикати з м’яса курки, що зумовлено економічною складовою та високими органолептичними та дієтичними властивостями таких виробів [2].

Класичний асортимент маринованих напівфабрикатів з курячого м’яса: тушка куряча, напівтушка куряча, четвертина задня, грудка куряча, окорок курячий, стегно куряче, ніжка куряча, курчата табака та шашлик з курячого філе. Крафтове виробництво здатне забезпечити динамічні зміни в асортименті та підлаштуватися під гастрономічні вподобання своїх споживачів без втрати якості та прибутків. Саме тому доцільним є детальне вивчення даного напрямку м’ясопереробного комплексу з перспективою розробки проекту крафтового виробництва.

Маринування є універсальною технологією підготовки різних видів м’ясної сировини, зокрема свинини, яловичини, баранини, кролятини, м’яса птиці та дичини. Сутність цього процесу полягає в обробці м’яса спеціальними сумішами (маринадами), що містять ароматичні компоненти, спеції та функціональні добавки, які сприяють покращенню органолептичних і технологічних властивостей продукту. Склад маринадів відзначається великою різноманітністю і може включати водно-жирові емульсії, органічні кислоти, рослинні екстракти, мінеральні сполуки, пом’якшувачі тканин, пряні овочі, фруктові соки, оцет, лимонний сік, вино, соєвий соус, ефірні олії, кисломолочні продукти, а також різні трави й

спеції. Така комбінація інгредієнтів забезпечує формування бажаного смаку, аромату та текстури готової продукції [3].

Кінцева якість маринованого м'яса визначається низкою чинників, серед яких важливу роль відіграють спосіб обробки, рецептура маринаду, а також умови проведення процесу. Дослідження свідчать, що використання маринадів сприяє зниженню рівня мікробного забруднення, гальмує розвиток патогенних мікроорганізмів і, відповідно, підвищує безпечність продукції. Існують різні технологічні підходи до маринування, зокрема занурення, перекачування та ін'єкційне введення маринаду. Найпоширенішим залишається метод замочування, за якого м'ясо витримують у маринаді за низьких температур протягом визначеного часу. Цей спосіб широко застосовується саме крафтовими виробниками [4].

Особливістю крафтового виробництва є авторські рецептури та індивідуальний підхід до формування асортименту, що надає продуктам унікальності, оригінального смаку й аромату. Завдяки відмові від масового промислового виробництва та мінімальному використанню синтетичних добавок, крафтові м'ясні напівфабрикати відповідають сучасним тенденціям здорового харчування та зростаючому попиту на натуральні продукти.[5]

Важливою перевагою є дотримання принципів системи НАССР, міжнародних стандартів якості та безпечності, що гарантує високу санітарну надійність продукції. Невеликі масштаби виробництва дозволяють здійснювати постійний контроль сировини, технологічних операцій та готових виробів, що знижує ризики мікробіологічного забруднення та втрати якості [6].

Отже, крафтове виробництво маринованих курячих напівфабрикатів має свої переваги порівняно з масовим промисловим виготовленням. Воно забезпечує використання свіжої та якісної сировини, застосування натуральних маринадів і мінімізацію штучних добавок, що позитивно впливає на смакові характеристики та харчову цінність продукції. Невеликі обсяги виробництва дозволяють здійснювати постійний контроль технологічного процесу, що може гарантувати безпечність і стабільну якість виробів. Таким чином, виробництво маринованих напівфабрикатів із м'яса курки в крафтових умовах є досить вагомою альтернативою масового виробництва, при тому, що напівфабрикати відповідають сучасним вимогам споживачів щодо натуральності, безпечності та зручності використання.

Список використаних джерел

1. Сімонова І. І. та ін. Удосконалення технології маринованих напівфабрикатів з м'яса птиці. *НВ ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Харчові технології.* 2023. № 25(99). С. 61-68.

2. Розробка рецептури маринадів для крафтових напівфабрикатів з м'яса птиці з використанням ягід йошти / В. І. Тищенко, Н. В. Божко, Ю. О. Вдовиченко. *Інноваційні підходи в промисловому та крафтовому виробництві: виклики та можливост*і : програма та матеріали ІІ-го форуму (м. Київ, 17-18 жовтня 2024 р.). Київ: Національний університет харчових технологій, 2024. С.10–12.

3 Губа С. О. та ін. Маринади для м'ясних напівфабрикатів на основі натуральних інгредієнтів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів.* 2025. Вип. 1(59). С. 17–24.

4. Latoch A. [et al.]. Marinades based on natural ingredients as a way to improve the quality and shelf life of meat: A review. *Foods*. 2023. № 12(19). P. 3638.

5. Крафтові технології харчових виробництв: підручник / М. М.Самілик, Н. В.Болгова, Т. П.Синенко. Суми: СНАУ, 2024. 262 с.

6. Брикова Т. Система НАССР при виробництві напівфабрикатів. *Commodity science. Technologies. Engineering.* 2024. № 50(2). P. 93–109.

УДК 664.681.2

КОНЦЕПЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧУВАННЯ

Головач А. Л., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Харчування є одним із ключових чинників, що визначають стан здоров'я людини. Воно забезпечує організм енергією для життєвих процесів і постачає необхідні поживні речовини – білки, жири, вуглеводи, вітаміни та мінерали, які сприяють оновленню клітин і тканин. Порушення принципів раціонального харчування послаблює захисні функції організму, призводить до збоїв обміну речовин, зниження працездатності та підвищує ризик розвитку різних захворювань. Ще Гіппократ наголошував, що їжа повинна бути ліками, – саме на цьому принципі ґрунтується концепція функціонального харчування.

Поняття «продукти функціонального призначення» з'явилося у минулому столітті в Японії, де у 1991 р. були законодавчо прийняті вимоги до виробництва харчових продуктів зі специфічною лікувальною дією FOSHU (Food of Specific Health Use). Ця програма стала першоджерелом для подібних програм у Німеччині, Франції, Фінляндії, Швеції, США, Канаді, Китаї, Кореї та багатьох інших країнах.

У XXI столітті харчування почали розглядати не лише як спосіб задоволення фізіологічної потреби в їжі, а як важливий інструмент профілактики захворювань і підтримання активного довголіття. Саме на цьому ґрунтується концепція функціонального харчування – система харчування, що передбачає вживання продуктів, здатних позитивно впливати на конкретні функції організму, покращувати стан здоров'я та знижувати ризик розвитку хронічних хвороб.

Суть функціонального харчування полягає у вживанні продуктів, що позитивно впливають на певні функції організму та сприяють профілактиці захворювань. Такі продукти містять біологічно активні компоненти природного походження або додатково збагачені корисними речовинами. До них належать пробіотики, пребіотики, антиоксиданти, омега-3 жирні кислоти, харчові волокна, вітаміни та мінерали. Регулярне споживання таких компонентів сприяє зміцненню імунної системи, нормалізації мікрофлори кишечника, покращенню роботи серцево-судинної системи, регуляції обміну речовин і зниженню ризику розвитку хронічних захворювань.

Важливо підкреслити, що функціональне харчування не є лікуванням у традиційному розумінні. Воно не замінює медикаментозну терапію, але може бути ефективним засобом профілактики та підтримки організму. Основою цього підходу є збалансованість раціону, різноманітність продуктів та врахування індивідуальних особливостей людини – її віку, статі, рівня фізичної активності та стану здоров'я. Надмірне або безконтрольне вживання навіть корисних компонентів може мати негативні наслідки, тому важливим є наукове обґрунтування складу продуктів і дотримання рекомендованих норм споживання.

Функціональне харчування відіграє значну роль у профілактиці ожиріння, цукрового діабету, серцево-судинних захворювань та порушень травлення. Воно сприяє підвищенню життєвого тонусу, покращенню самопочуття та збереженню працездатності. У сучасних умовах, коли більшість людей стикається з дефіцитом вітамінів і мікроелементів через одноманітний раціон, впровадження принципів функціонального харчування набуває особливої актуальності.

Ринок функціональних продуктів активно зростає у всьому світі. Розробляються нові види збагачених продуктів: хліб із додаванням клітковини, молочні продукти з пробіотиками, напої з вітамінами та мінералами, безглютенові та безлактозні продукти.

В Україні також спостерігається розширення асортименту продуктів функціонального харчування та впровадження їх у виробництво та систему громадського харчування. Перспективним напрямом є створення продуктів для дітей, спортсменів, людей похилого віку

та осіб із хронічними захворюваннями.

Перспективи розвитку цієї концепції пов'язані з удосконаленням технологій збагачення продуктів, створенням нових рецептур та підвищенням обізнаності населення щодо здорового харчування. Важливою є також роль державної політики у підтримці виробництва якісних і безпечних продуктів, а також у формуванні культури відповідального споживання.

Концепція функціонального харчування є сучасним підходом до формування раціону, який спрямований на підтримку здоров'я, профілактику захворювань і підвищення якості життя. Вона базується на наукових дослідженнях і поєднує традиційні принципи раціонального харчування з інноваційними технологіями збагачення продуктів.

У сучасних умовах ця концепція має стратегічне значення для розвитку системи охорони здоров'я та харчової промисловості, а її подальше впровадження є важливим кроком до формування здорового суспільства.

Список використаних джерел

1. Олинков Р. Концепція функціонального харчування : реферат. 2025. – 5 с. – Режим доступу: https://studfile.net/preview/5647524/page:2/ (дата звернення 10.02.2026).

2. Шумеляк В., Ряполова І. Концепція створення функціональних харчових продуктів. *Молодь – науці і виробництву-2024 : актуальні питання харчової промисловості*. 2024. – С. 1–8.

3. Функціональні харчові продукти : веб-сторінка. 2026. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Функціональні_харчові_продукти (дата звернення 10.02.2026).

4. Дорохович А. М., Дорохович В. В., Оболкіна В. І., Кохан О. О. Продукти харчування функціонального призначення. 2004.

Науковий керівник: Мельник О. Ю., к.т.н., доц.

УДК 631.3:378.091:004.9

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРНИХ КАДРІВ ДЛЯ АПК В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ГЛОБАЛЬНИХ ВИКЛИКІВ

Водяницький І. О., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії» (PhD)
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Проблема інженерних кадрів сьогодні є однією з найгостріших. Ми опинилися в ситуації, коли техніка в полі вже «з майбутнього», а система підготовки фахівців подекуди застрягла в минулому столітті. В умовах розвитку технологій та цифрової трансформації інженерна освіта є фундаментом розвитку сучасної економіки, науки та технологій. Інженери є основою для створення та вдосконалення технічних рішень, що забезпечують ефективність функціонування АПК.

Сучасний трактор чи комбайн – це фактично «комп'ютер на колесах» з елементами автопілотування та IoT. Агрохолдинги використовують системи точного землеробства. Як зазначають провідні науковці, стратегічний шлях розвитку агроінженерної науки в Україні сьогодні нерозривно пов'язаний із входженням у єдиний європейський освітній та дослідницький простір. Це вимагає не просто косметичних змін, а повної трансформації підготовки кадрів відповідно до стандартів ЄС. Технічною і технологічною основою високорозвиненого агропромислового комплексу мають стати машинні технології, сучасне механізоване сільське господарство, автоматизація його виробничих процесів [1].

Сьогодні галузі потрібен не просто механік, а інженер-системотехнік із знанням мов програмування для роботи з ГІС-технологіями, можливостю ремонту гідравлічних систем та

електроніки, керування БПЛА. Спостерігається критичний технологічний розрив: темпи оновлення парку сільськогосподарської техніки значно випереджають темпи адаптації освітніх програм і підготовки фахівців. Для обслуговування складних гідравлічних та електричних систем потрібна мехатроніка, робота з телеметрією, ГІС-платформами та програмуванням бортових комп'ютерів потребує знань з ІТ-технологій, оптимізація витрат ПММ та добрив за допомогою систем точного землеробства потребує менеджменту ресурсів.

Низький престиж праці в сільській місцевості, неможливість вчасно оновлювати застарілі лабораторні бази ВНЗ є головними чинниками кадрового дефіциту та міграції молодих молоді у суміжні технічні галузі або за кордон. Корективи не лише в логістику, а й у саму суть професії агроінженера внесла повномасштабна війна, яка сформувала специфічний запит на «кризові» компетенції інженера АПК. Враховуючи умови воєнного стану й *обмеженим доступом до мережі Інтернет і певних сайтів,* інформація надається усіма можливими засобами комунікації онлайн ресурсів і сервісів [2].

Інженер АПК сьогодні – це не просто фахівець з металу, а гарант виживання галузі в екстремальних умовах. Тому необхідно створення стандартів для нових професій (оператор агродронів, інженер з точного землеробства тощо), формування нових компетенцій в умовах цифровізації.

Список використаних джерел

1. Адамчук В. В., Булгаков В. М. Агроінженерна наука та підготовка кадрів в Україні на шляху до входження у європейський простір. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 1(850). С. 6-10. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202401-01

2. Водяницький І. О., Дереза О. О. Інформаційна підтримка науковців у вищих навчальних закладах. *Наука та освіта в дослідженнях молодих учених*: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. для студ., аспірантів, докторантів, молод. учених, Харків, 18 трав. 2023 р. Харків, 2023. С. 161-162.

Науковий керівник: Дереза О. О., к.т.н., доц.

УДК 641.5

ТЕХНОЛОГІЯ SOUS-VIDE У МАСОВОМУ ХАРЧУВАННІ: ПЕРЕВАГИ ТА ВИМОГИ ДО БЕЗПЕЧНОСТІ

Буяло Є., здобувач вищої освіти СВО "Бакалавр"
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Для масового харчування вирішальними є стабільна якість страв, передбачуваний час видачі та мінімальні втрати під час виробництва. Один із підходів, який добре дає повторюваний результат, є технологія sous-vide, яка передбачає приготування продукту у герметичному пакеті за точно заданої (часто невисокої) температури протягом визначеного тривалого часу. Це допомагає краще зберегти соковитість і текстуру, а також зменшити відходи, тому технологія стала зручною для професійних кухонь і foodservice.

У громадському харчуванні sous-vide варто сприймати не як «фокус техніку», а як керований процес термообробки із вимогами до безпечності. Вакуумне пакування створює середовище зі зниженим вмістом кисню (ROP), і при недотриманні режиму нагріванню, охолодження чи холодильного зберігання, мікробіологічні ризики різко зростають. Через це sous-vide логічно вписують у схему cook-chill і проводять під контролем, фіксують температуру, маркують партії, визначають критичні точки та дії на випадок відхилень.

Нашою метою було узагальнення практики застосування sous-vide у масовому

харчуванні та окреслення ключових умов безпечного впровадження технології cook-chill/ROP за принципами HACCP. У фокусі стало вивчення суті технології та її ролі у виробничому процесі закладів, реальні переваги для foodservice (якість, стандартизація, менші втрати), а також ризики й «вузькі місця» безпечності на етапах термообробки, охолодження, зберігання та регенераціїї та їх контроль у критичних точках. Технологія sous-vide передбачає підготовку продукту (порціонування, приправлення або маринування), герметичне пакування сировини чи продукту і приготування у водяній бані або пароконвектоматі за точно виставленими параметрами часу й температури. На відміну від традиційного варіння чи смаження, в даній технології критичним є невисока температура, яка потребує стабільного контролю теплопередачі та рівномірного прогріву до потрібного стану. У професійній практиці часто додають швидке підрум'янення на пательні чи грилі, щоб отримати скоринку та характерний аромат смаженог продукту. У підсумку технологію можна розглядати як інструмент стандартизації, оскільки вона заберпечує дотримання однакових режимів для сировини, що дає прогнозований результат незалежно від того, хто працює та яке навантаження в цеху, а для масового харчування це принципово та характеризує професіоналізм кухаря: стабільна якість від порції до порції.

У закладах громадського харчування sous-vide найчастіше працює як частина cook-chill. Продукт готують завчасно партіями в контрольованих умовах, після приготування швидко охолоджують і витримують у холодильнику, а перед видачею виконують регенерацію (догрів) і за потреби швидке обсмажування. Такий формат особливо вигідний у пікові години, основну трудомістку частину роблять заздалегідь, а під час напливу гостей лишається швидка операція обробки перед подачею.

Практичні переваги технології sous-vide наступні: стабільна якість (текстура, соковитість і прогнозований ступінь готовності) завдяки контролю часу й температури; керованість процесом, оскільки технологія cook-chill дозволяє готувати продукцію партіями та розподіляти навантаження персоналу; потенційно менші втрати завдяки герметичному пакуванню, що зменшує втрату вологи та підвищує вихід готового продукту.

Головна відмінність sous-vide від інших способів термічної обробки – це використання герметичного пакування і зниженого вмісту кисню (ROP). Технологія sous-vide відрізняється від традиційних способів термообробки (варіння, смаження, запікання, тушкування) насамперед точним контролем температури та вакуумним середовищем приготування. Якщо при звичайних методах продукт піддається дії високих температур (часто 100–200 °C і вище), що призводить до нерівномірного прогрівання, втрати вологи та поживних речовин, то sous-vide здійснюється при відносно низьких температурах (зазвичай 50–90 °C) у герметичній упаковці, що забезпечує рівномірну теплопередачу через водяне середовище.

На відміну від смаження чи запікання, де поверхня продукту може перегріватися і пересушуватися, у технології sous-vide відсутній прямий контакт із повітрям або жиром, що мінімізує окиснювальні процеси та втрати маси. Порівняно з традиційним варінням, де частина розчинних речовин переходить у відвар, вакуумне пакування дозволяє зберегти смакові компоненти та екстрактивні речовини всередині продукту. Крім того, sous-vide забезпечує високу відтворюваність результатів і зручність стандартизації процесів, що особливо важливо для закладів ресторанного господарства та харчових підприємств.

Технологія sous-vide передбачає приготування продуктів у вакуумній упаковці за точно контрольованої низької температури протягом визначеного часу, що забезпечує рівномірне прогрівання без перегріву та пересушування. Основною перевагою є можливість точного контролю температурного режиму, що гарантує стабільність результату та повторюваність якості продукції. Низькотемпературна обробка сприяє кращому збереженню поживних речовин, біологічно активних сполук, природного смаку та аромату продукту. Завдяки вакуумуванню зменшуються втрати маси під час теплової обробки, що підвищує вихід готової продукції та економічну ефективність виробництва. Технологія також дозволяє забезпечити належний рівень мікробіологічної безпечності за умови дотримання встановлених режимів пастеризації та легко інтегрується в систему контролю якості (HACCP). Крім того, sous-vide

оптимізує виробничі процеси завдяки можливості попереднього приготування, охолодження та подальшої регенерації продукції, що розширює асортимент і підвищує конкурентоспроможність підприємств харчування.

Підсумовуючи, sous-vide має сильний потенціал у масовому харчуванні завдяки повторюваності результату, стандартизації порцій і можливості планувати виробництво партіями. Найпрактичніший сценарій для foodservice - використання у схемі cook-chill (приготування, швидке охолодження, зберігання, регенерація перед видачею), що знімає напругу в пікові години та робить процес керованим. Ключовий виклик пов'язаний із ROP: безпечність тримається на точності режимів термообробки, охолодження, холодного зберігання та регенерації. Якщо ці етапи контрольовані процедурами HACCP з фіксацією температур, маркуванням партій, контролем охолодження й регенерації та санітарними чек-листами, sous-vide стає не просто сучасною технікою, а робочим інструментом стабільної якості й операційної керованості в закладах громадського харчування.

Список використаних джерел

1. Misu G. A., et al. Advances and Drawbacks of Sous-Vide Technique: A Review. *Foods*. 2024. Vol. 13(14). Article 2217. URL: https://www.mdpi.com/2304-8158/13/14/2217 (дата звернення 26.01.2026).

2. Food Safety Authority of Ireland. Sous Vide and Food Safety. URL: https://www.fsai.ie/getmedia/c5041d46-8b1f-44d8-b39a-d56d0ae7d5d4/sous-vide-and-food-safety-final.pdf (дата звернення 26.01.2026).

3. New York State Department of Health. Reduced Oxygen Packaging (ROP) Guidance. URL: https://www.health.ny.gov/environmental/indoors/food_safety/pubs/rop_guidance.pdf (дата звернення 26.01.2026).

4. RiverStone Health. Cook Chill/Sous Vide HACCP Plan Worksheet. 2025. URL: https://riverstonehealth.org/wpcontent/uploads/CookChillSousVide_HACCPPacket_Branded_2025_02_17_Fillable.pdf (дата звернення 26.01.2026).

5. Unilever Food Solutions Україна. Техніка приготування су-від (Sous-Vide): принципи та застосування. URL: https://www.unileverfoodsolutions.com.ua/natkhnennja-dlja-shefa/trendi/tekhnika-gotuvannja-su-vid.html (дата звернення 26.01.2026).

Науковий керівник: Мельник О. Ю., к.т.н., доц.

УДБ 637.5

ВИКОРИСТАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ СТРАВ

Пономаренко А. В. студент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Сучасний ринок харчових продуктів в Україні демонструє сталу тенденцію до зростання попиту на вироби з покращеними харчовими властивостями: за даними соціальних досліджень, понад 10% українців дотримуються вегетеріанського харчувння, 65.3% готові споживати рослинні альтернативи за умови їх доступності та ідентичності за смаком.[2] Саме тому сьогодні гостро постає питання пошуку ефективних рішень для модифікації традиційних м'ясних продуктів шляхом введення функціональної сировини. Метою даної роботи є аналіз складу функціональної сировини, що використовується у технології м'ясних фаршевих виробів, та оцінка її впливу на харчову цінність й органолептичні показники готової продукції на прикладі рослинних аналогів вітчизняного виробництва (TM Eat Me At, Wanted Vegan).

Аналіз складу функціональної сировини, представлено на українському ринку, дозволяє

класифікувати її за технологічним призначенням на кілька груп.[1,4,5] До білкових компонентів належать соєвий, гороховий, пшеничний та конопляний протеїни. Соєвий білок використовується як базова сировина завдяки високій вологоутримуючій здатності та сприятливому амінокислотному складу. Гороховий протеїн є гіпоалергенною альтернативою, що здатен формувати пружну текстуру наближену до м'яса. Пшеничний протеїн застосовують для створення волокнистої структури, а конопляний містить 9 незамінних амінокислот і корисні ненасичені жири.[2,5]. Перспективною новою сировиною є соняшниковий білок, який досліджували Andrade тап співавтори. Він містить близько 20% білка з усіма незамінними амінокислотам ипричому лімітуючою амінокислотою виступає лізин [5].

Жирові компоненти забезпечують необхідну соковитість та відчуття «жирності». Виробники використовують комбінацію кокосової та соняшникової, оливкової та лляної олії, що забезпечило високий вміст мононенасичених жирних кислот – 41.98% від загального вмісту ліпідів. Смако-ароматичні добавки та збагачувачі відіграють ключову роль у формуванні органолептичних показників. Дріжджові екстракти не лише забезпечують насичений смак умамі, але й збагачують продукт вітаміни групи В[4] Для імітації кольору м'яса використовують натуральні барвники; додатково застосовують гриби , бобові, а також томатний порошок та спеції, які позитивно впливають на сенсорні властивості[2,4]. Важливою перевагою текстурованого соняшникового білка є його нейтральний смак та аромат, що вигідно відрізняє його від інших рослинних білків, які часто мають бобовий або трав'янистий присмак[5].

Структуроутворювачі виконують функцію зв'язувальних компонентів, створюючи стабільну консистенцію, подібну до желатину[4,5]. У дослідженні соняшникового білка застосували текстурований білок, отриманий методом екструзії, що забезпечило кращі текстурні властивості порівняно з використанням звичайного борошна[5].

Порівняльний аналіз харчової цінності рослинних аналогів та традиційної яловичини (на 100 г продукту) представлено в таблиці 1.

Розглянувши харчову цінність рослинних аналогів м'яса, можна впевнено сказати, що у технології м'ясних страв дозволяє цілеспрямовано регулювати харчову цінність готових продуктів. Як бачимо, рослинні аналоги не лише забезпечують високий вміст білка (до 20 % у соняшниковому білку) але й при повній відсутності холестерину та наявності харчових волокон[1,5]. Особливо цінним є високий вміст мінералів: соняшниковий білок може забезпечити д 95 % добової норми магнію, 89 % марганцю, 68 % цинку та 49 % заліза[5]. Сучасні технологічні рішення, зокрема використання екструзії для отримання текстурованих

Таблиця 1

Харчова цінність рослинних аналогів м'яса

Показник	Eat Me At (соєвий) [1, 4, 5]	Соняшниковий білок MAMt	Яловичина (для порівняння)
Енергетична цінність	268 ккал	н/д	~250 ккал
Білки	16–18 г	**20,10 г**	26 г
Жири	19,8 г	**38,15 г**	17 г
з них мононенасичені	н/д	**41,98 %**	переважно насичені
Вуглеводи	7,6 г	н/д	0 г
Холестерин	0 мг	0 мг	~70 мг
Клітковина	наявна	наявна	відсутня
Залізо (% добової норми)	н/д	**49 %**	~15 %
Цинк (% добової норми)	н/д	**68 %**	~45 %
Магній (% добової норми)	н/д	**95 %**	~10 %
Марганець (% добової норми)	н/д	**89 %**	~1 %

Вітаміни	B6, B12, B2	н/д	обмежений набір

білків та збагачення смако-ароматичними добавками (томатний порошок, спеції), дозволяють досягти органолептичних показників, максимально наближених до традиційних м'ясних виробів[2,4,5]. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію рецептур з використанням вітчизняної сировинної бази (зокрема, соняшникового шроту як побічного продукту олійно-жирової промисловості) та вивчення стабільності показників якості при зберіганні.

Список використаних джерел

1. Фарш на рослинній основі Eat me at : калорійність та склад. Таблиця калорійності. URL: https://www.tablycjakalorijnosti.com.ua/stravy/farsh-na-roslynniy-osnovi-eat-me-at-1 (дата звернення 31.01.2026).

2. Виробництво веганської продукції в Україні: як та де виготовляють рослинне м'ясо та рибу. Телеканал "Дім". 2023. URL: https://kanaldim.tv/vyrobnycztvo-veganskoyi-produkcziyi-v-ukrayini-yak-ta-de-vygotovlyayut-roslynne-myaso-ta-rybu/ (дата звернення 31.01.2026).

3. Рослинне м'ясо Eat Me At: що воно таке та з чим його їсти. Харчові технології. 2022. URL: https://harch.tech/2022/09/21/roslynne_mjaso-eat-me-at/ (дата звернення 31.01.2026).

4. Eat me at - український виробник рослинного м'яса: офіційний сайт URL: https://eat-me-at.com/uk/ (дата звернення 31.01.2026).

5. Andrade, T.N., et al. (2025). Exploring new plant-based products: Acceptance of sunflower meal as a protein source in meat alternative products. *Food Research International*. 2025. Vol. 209. P. 116158. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116158

Науковий керівник: Кошель О. Ю. д.ф., доц.

УДК 338.439

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ІНДУСТРІЇ

Закірко І., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Харчова промисловість належить до стратегічно важливих секторів економіки України. Вона охоплює 22 профільні підгалузі та забезпечує виробництво понад 10 тисяч найменувань продукції [1].

Серед ключових напрямів розвитку харчової галузі та харчового машинобудування особливе місце займає розроблення й впровадження високопродуктивного технологічного устаткування. Реалізація цього завдання сприятиме зростанню продуктивності праці, раціональному використанню сировинних ресурсів і суттєвому зниженню техногенного навантаження на довкілля.

Упродовж останніх років підприємства харчової індустрії дотримуються єдиного вектора модернізації, що передбачає використання спеціалізованого обладнання з мікропроцесорним керуванням. Під час підбору устаткування для механізації технологічних ліній переробні підприємства орієнтуються на низку ключових показників, зокрема: продуктивність машин, рівень енергоспоживання, ергономічні характеристики, якість виготовлення та експлуатаційну надійність.

Функціональне призначення технологічних ліній на підприємствах харчової та переробної промисловості полягає у здійсненні комплексної переробки сільськогосподарської

сировини з подальшим виготовленням готової харчової продукції.

До складу таких ліній входить широкий спектр машин і апаратів, які групуються відповідно до їх функціонально-технологічного призначення. Зокрема, розрізняють:

– устаткування для реалізації механічних і гідромеханічних процесів;

– обладнання, призначене для здійснення масообмінних і теплообмінних операцій;

– технічні засоби для проведення біотехнологічних процесів;

– спеціалізовані машини для дозування та пакування готової продукції.

Роботу машин у складі технологічної лінії можна вважати узгодженою за умови, що тривалість виконання окремих операцій є однаковою або кратною між собою. Водночас необхідною умовою є вирівнювання їх продуктивності. У випадку, коли обладнання, включене до лінії, характеризується близькими значеннями продуктивності, доцільним є застосування однопоточної схеми компонування з використанням транспортних пристроїв для послідовної передачі напівфабрикату від однієї машини до іншої. Багатопоточна організація виробництва формує автономні ділянки технологічної лінії, кожна з яких оснащується власною системою керування, пов’язаною з іншими зонами, а також окремими засобами транспортування сировини та готової продукції.

Таким чином, проведений аналіз сучасного стану й тенденцій розвитку переробної та харчової промисловості свідчить про наявність суттєвих структурних проблем: близько 51% підприємств потребують повної заміни виробничих потужностей, 30% – технічного переоснащення та модернізації, і лише 19% виробництв відповідають міжнародним стандартам і світовому рівню технічного розвитку.

Список використаних джерел

1. Самойчук К. О., Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О. Технологічне обладнання галузі: конспект лекцій. ТДАТУ. Мелітополь: ВПЦ «Forward press», 2020. Ч. 1. 255 с.

Науковий керівник: Паляничка Н. О., к.т.н., доц.

UDC 637.134.001.57

JUSTIFICATION OF THE DESIGN OF A CENTRIFUGAL MILK SEPARATOR

Izotov V., recipient of higher education “Bachelor's” degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Fresh raw milk possesses a temperature that is optimal for the growth and proliferation of most microorganisms. Therefore, if it is not promptly cooled after milking, microbial populations increase rapidly, resulting in a rise in acidity and subsequent souring of the milk [1].

The OM-1A milk cooler–clarifier is designed for centrifugal purification and continuous cooling of milk. A significant disadvantage of this device is that, in order to remove accumulated contaminants from the drum, the milk clarifier must be stopped, followed by disassembly and manual cleaning of its working surfaces [2]. Such interruptions lead to a decrease in the productivity of the primary milk processing line and require additional manual labor for dismantling and subsequent cleaning operations.

Therefore, the development of a design solution that enables cleaning of the working surfaces of the centrifugal clarifier drum without dismantling the unit is a relevant and technically justified task. Such an approach would eliminate manual labor associated with the cleaning procedure and enhance the operational efficiency of the primary milk processing line [3].

This objective is achieved by modifying a centrifugal milk clarifier that comprises a centrifugal drum cantilever-mounted on a vertical drive shaft, with a set of internal discs, inlet and outlet nozzles

for milk supply and discharge, and a device for feeding and removing the product. According to the proposed utility model, the centrifugal drum is additionally equipped with an ultrasonic transducer mounted externally on the base of the lower section of the drum. The transducer is installed in such a manner that its active surface is in contact with the liquid medium contained within the drum, thereby enabling ultrasonic effect during operation and facilitating cleaning of the internal working surfaces without disassembly.

In this configuration, the ultrasonic transducer may be designed as four active elements uniformly arranged along the circumference. Equipping the centrifugal drum with an ultrasonic transducer mounted externally at the base of its lower section, with the active surface in contact with the liquid inside the drum, makes it possible to generate ultrasonic vibrations within the cleaning solution. These vibrations intensify the removal of contaminants from the working surfaces, eliminate the need for manual cleaning of the centrifugal milk clarifier, and improve the operational efficiency of the primary milk processing line.

The implementation of the proposed centrifugal milk clarifier provides the following technical outcomes: generation of ultrasonic vibrations within the cleaning solution; cleaning of the working surfaces of the centrifugal drum without the need for disassembly; reduction and suppression of bacterial microflora in milk. In addition, the proposed design ensures: elimination of manual labor during the cleaning of the centrifugal milk clarifier; improved operational efficiency of the primary milk processing line.

References

1. Samoichuk K. O., Kyurchev S. V., Palianychka N. O., Verkholantseva V. O., Innovative Technologies and Equipment of the Industry. Processing of Livestock Products: Practical Guide. Tavria State Agrotechnological University. Kyiv: ProfKnyha Publishing, 2020. 252 p.

2. Centrifugal Milk Clarifier: Patent of Ukraine No. 67376; IPC (2012.01): B04B 1/00, B04B 15/00, A23C 7/00, A01J 11/00. Application No. a201107010; filed November 25, 2011; published February 27, 2012, Bulletin No. 4. 4 p.

Scientific Supervisors: Palyanychka N. O., Ph.D., Associate Professor.

УДК 637.134.001.57

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Ковальов М., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»,
Паляничка Н. О., к.т.н,
Ковальов О. О., к.т.н.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

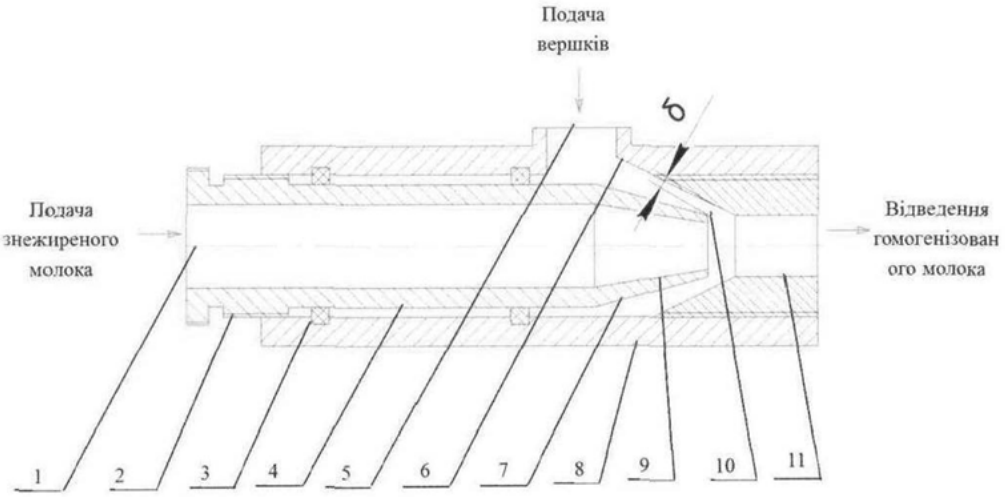
Гомогенізація посідає провідне місце серед технологічних операцій у виробництві молока та молочних продуктів, оскільки визначає їхню структурну однорідність і споживчі характеристики [1].

Під час цього процесу жирові кульки диспергуються до дрібних розмірів і рівномірно розподіляються в об’ємі, що запобігає відстоюванню жиру та покращує консистенцію продукту. Застосування гомогенізації у промисловості забезпечує стабільність структури, підвищує якість і тривалість зберігання продукції, а також сприяє раціональному використанню енергетичних ресурсів. Саме тому цей процес є невід’ємною складовою сучасних технологій переробки молока. Технологічне обладнання, призначене для здійснення

процесу гомогенізації, називається гомогенізатором. Проведений аналіз існуючих конструкцій показав, що переважна більшість із них характеризується значними енерговитратами, що за сучасних умов є суттєвим недоліком та знижує економічну ефективність виробництва [2].

З метою усунення зазначеної проблеми запропоновано застосування нового конструктивного рішення – струминного гомогенізатора з роздільним введенням вершків.

У конструкції такого гомогенізатора (рис. 1) передбачено корпус із центральним каналом, утвореним конфузором, який може переміщуватися в осьовому напрямку, та патрубком. Між цими елементами сформовано щілинний канал, через який здійснюється ежекційна подача вершків. Внутрішня поверхня патрубка та зовнішня поверхня конфузора мають конічну форму, завдяки чому між ними створюється звужувальний конусний канал у напрямку руху вершків [3].



1 – центральний канал; 2 – різьбова ділянка конфузора; 3 – ущільнювальні елементи; 4 – конфузор; 5 – патрубок для подачі вершків; 6 – внутрішня поверхня патрубка подачі вершків; 7 – зовнішня поверхня конфузора; 8 – корпус; 9 – конічний канал; 10 – щілинний канал; 11 – дифузорна розширювальна частина.

Рис. 1. Конструктивна схема струминного гомогенізатора молока з роздільним введенням вершків.

Надання внутрішній поверхні патрубка та зовнішній частині конфузора конічної форми з утворенням між ними звужувального каналу в напрямку руху вершків забезпечує формування сприятливих гідродинамічних умов. За рахунок цього відпадає потреба у примусовій подачі вершків, оскільки їх необхідна кількість надходить шляхом ежекції, що, у свою чергу, сприяє зменшенню енергетичних витрат під час гомогенізації.

За даними аналітичних оцінок, витрати енергії на привід насосів для подачі вершків становлять орієнтовно 15–20 % від загальних енерговитрат процесу диспергування в апаратах такого типу [2].

Переміщення різьбової частини конфузора дає змогу регулювати величину зазору δ у щілинному каналі, який формується між внутрішньою поверхнею патрубка подачі вершків і конусною поверхнею конфузора. Саме цей параметр визначає умови досягнення необхідного ступеня дисперсності молока. Додатковою перевагою конструкції є можливість суміщення процесів нормалізації та гомогенізації в межах одного робочого циклу. Ширина щілинного каналу, а відповідно й об’єм вершків, що ежектується в систему, змінюється шляхом обертання конфузора в корпусі. Такий спосіб регулювання забезпечує стабільне всмоктування заданої кількості вершків залежно від їх жирності та необхідних показників продукту після нормалізації.

Струминний гомогенізатор молока з роздільним введенням вершків функціонує за таким принципом. Попередньо знежирене молоко під тиском надходить до конфузора 4, який розміщений у корпусі 8 гомогенізуючого вузла. Через центральний канал 1 потік

спрямовується до конусного каналу конфузора 9. Одночасно необхідний об'єм вершків всмоктується через патрубок 5 і потрапляє в зону між внутрішньою поверхнею патрубка 6 та зовнішньою частиною конфузора 7, де формується щілинний канал 10. У цій ділянці вершки інтенсивно прискорюються, тоді як швидкість руху знежиреного молока повинна становити близько 60 м/с [3].

У результаті в щілинному каналі виникає значна різниця швидкостей потоків, що відповідно до критерію Вебера створює необхідні гідродинамічні умови для руйнування жирових кульок і досягнення високого ступеня диспергування. Величина зазору δ між внутрішньою поверхнею патрубка та зовнішньою частиною конфузора регулюється обертанням різьбової частини конфузора 2 відносно корпусу, що забезпечує подачу заданої кількості вершків. Для запобігання витокам уздовж бічних поверхонь конфузора до патрубка встановлено ущільнювальні елементи 3. Після проходження щілинного каналу нормалізоване та гомогенізоване молоко надходить у зону розширення дифузора 11 і відводиться з апарата для подальшої обробки.

Таким чином, запропонована конструкція струминного гомогенізатора з роздільним введенням вершків, завдяки поєднанню відповідних конструктивних рішень – зокрема встановленню конфузора з конусним каналом, який має можливість осьового переміщення та утворює з внутрішньою поверхнею патрубка щілинний канал, – забезпечує ефект ежекційного всмоктування вершків. Реалізація такого принципу роботи дозволяє відмовитися від їх примусової подачі та, відповідно, істотно зменшити енергетичні витрати процесу гомогенізації.

Список використаних джерел

2. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Борохов І. В., Паляничка Н. О. Аналітичні дослідження енергетичних показників і параметрів якості струминно-щільового гомогенізатора молока. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 1. С. 3-18.

3. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Ковальов О. О. Конструкції струминних диспергаторів жирової фази молока. *Праці Т ДАТУ*. 2016. Вип. 16, т 1. С. 219-227.

4. Струминний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків: пат. кор. модель 156886 Україна: МПК A01J11/16. - № u202400450; заявл. 29.01.2024; опубл. 14.08.2024, Бюл. № 33/2024

UDC 658.511.5: 641.856

JUSTIFICATION FOR IMPROVING THE DESIGN OF A FREEZER FOR ICE CREAM PRODUCTION

Liebiediev A., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Ice cream is a frozen dessert product manufactured primarily from milk, cream, butterfat, and sugar, with the addition of flavoring and aromatic components. In addition to traditional dairy-based formulations, ice cream may also be produced in fruit varieties formulated from fruit juices and pulp derived from berries and other fruits. As a dairy product, ice cream contains more than one hundred biologically valuable constituents. Its composition includes proteins, lipids, carbohydrates, and a complex of vitamins such as A, B_1, B_2, B_{12}, C, D, E, and P. The concentration of vitamin C increases when fruit fillers are incorporated into the formulation. The ingredients of ice cream contribute to the synthesis of serotonin in the human body. Milk-based ice cream is also characterized by a significant content of tryptophan, a natural compound known for its mild calming effect [1].

The technological process of ice cream manufacture comprises the following sequential operations: preparation of raw materials, formulation and mixing of the blend, filtration, pasteurization, homogenization, cooling, whipping and partial freezing of the dairy mix, filling, hardening, and post-hardening of the product. One of the key stages in ice cream production is the simultaneous whipping and partial crystallization of the cream–milk mixture, commonly referred to as freezing (dynamic freezing in a freezer unit). During this operation, a light and aerated structure is formed, which is subsequently stabilized and finalized during the hardening stage. The structural characteristics of ice cream are primarily determined by the size of the ice crystals formed within the matrix. Precise temperature control of the dairy mix during processing is therefore critically important. Excessive temperature reduction promotes the formation of large ice crystals, which negatively affects product quality. Conversely, an increase in temperature results in a lower volume of entrapped air bubbles, also leading to deterioration in texture and overall quality attributes of the finished ice cream.

The freezer represents the principal piece of equipment in ice cream manufacturing. It is a technological unit designed for the production of both soft-serve and hardened ice cream. During operation, the freezer simultaneously performs several functions: aeration of the mix, intensive agitation, and controlled partial freezing of the previously prepared liquid formulation to a temperature range of approximately −4 °C to −8 °C.

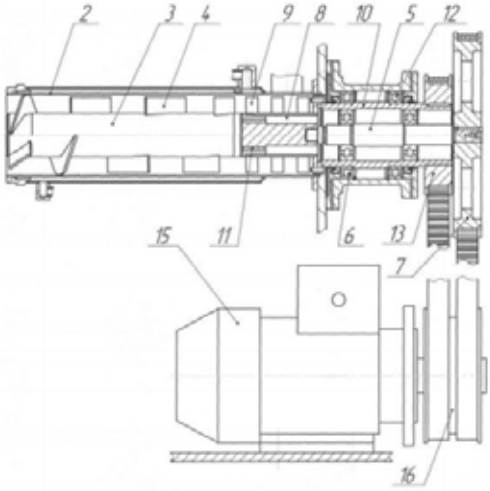
However, a significant drawback of most existing analogues is the insufficient overrun level of the ice cream. This limitation is primarily associated with the fact that the dispersion of air dissolved in the mix occurs along the entire length of the freezing cylinder while the rotational speed of the mixing elements remains relatively low. Under such conditions, agitation and fragmentation of air bubbles take place within a partially frozen, highly viscous medium. As the mixture progressively crystallizes and its density increases, the intensity of bubble break-up and distribution decreases substantially. Inadequate refinement and uniform dispersion of air bubbles adversely affect the structural quality of the final product and lead to a reduction in yield, thereby lowering the overall productivity of the freezer unit.

Therefore, an improvement of the existing equipment was proposed in order to increase the overrun (aeration degree) of the ice cream [2].

A schematic diagram of the upgraded freezer is presented in Figure 1. The ice cream freezer operates as follows. The prepared ice cream mix is supplied from tank 18 into cylinder 2. Simultaneously with the inflow of the mix, air is drawn into cylinder 2. During rotation of the high-speed agitator 8, the blades 9 induce intensive aeration of the ice cream mix, ensuring fragmentation of air bubbles and their uniform dispersion throughout the product volume. In addition to promoting aeration, blades 9 direct the mixture toward agitator 3, whose blades 4 rotate with a minimal clearance relative to the inner surface of cylinder 2. At the same time, a refrigerant (for example, ammonia) is delivered into the cooling jacket of cylinder 2 by means of the refrigeration compressor unit 17. As the refrigerant evaporates, the inner wall of cylinder 2 is cooled, resulting in the formation of a frozen layer of ice cream mix on its surface.

During rotation of agitator 3, blades 4 continuously scrape off the layer of mix frozen onto the inner surface of cylinder 2 and simultaneously ensure intensive mixing within the cylinder. As a result, uniform freezing of the entire volume of the mixture inside cylinder 2 is achieved, forming a homogeneous structure characterized by fine ice crystals. Efficient aeration of the mix is additionally ensured by the installation of the high-speed agitator 8 on the high-speed shaft 10. This shaft is driven by the high-speed pulley 13 and rotates at a higher angular velocity than shaft 5. Owing to this design feature, the aeration process occurs with significantly greater intensity compared to conventional configurations. An additional factor contributing to improved overrun is that the high-speed agitator 8, capable of providing rapid and intensive aeration, is positioned directly in the zone where the mix enters the cylinder. Consequently, unlike conventional analogues, aeration is performed before the mixture undergoes substantial freezing under the cooling effect of the inner surface of cylinder 2. This ensures more effective dispersion and stabilization of air bubbles in a still-fluid medium. Upon completion of the freezing cycle, when the entire volume of the mixture inside cylinder 2 has reached

the required frozen state, the finished ice cream is discharged from the freezer and subsequently packaged using the unloading device 19.



1 – housing; 2 – cylinder; 3 – agitator; 4 – blades; 5 – shaft; 6 – bearings; 7 – driven pulley; 8 – high-speed agitator; 9 – blades; 10 – high-speed shaft; 11 – agitator bearing; 12 – high-speed shaft; 13 – high-speed pulley; 14 – drive mechanism; 15 – electric motor; 16 – driving pulley.

Fig. 1. Schematic diagram of the improved freezer assembly

In general, the incorporation of the high-speed agitator 8, the high-speed shaft 10, the agitator bearing 11, the high-speed shaft bearings 12, and the high-speed pulley 13 into the freezer design significantly enhances the aeration efficiency of the ice cream mix. This structural modification intensifies air dispersion and stabilization within the mixture, thereby improving the structural and sensory quality of the final product while simultaneously increasing the output capacity of the freezer.

References

1. Samoichuk K. O., Kyurchev S. V., Palianychka N. O., Verkholantseva V. O. Innovative Technologies and Equipment of the Industry. Processing of Livestock Products: Practical Guide. Tavria State Agrotechnological University. Kyiv: ProfKnyha Publishing, 2020. 252 p.

2. Freezer for Ice Cream Production: Patent of Ukraine No. 71900, IPC A23G 9/04 (2006.01). Application No. u201201629; filed February 14, 2012; published July 25, 2012, Bulletin No. 14. 6 p.

Scientific Supervisors: Palyanychka N. O., Ph.D., Associate Professor

УДК 664.69

ВДОСКОНАЛЕННННЯ ПРЕСУЮЧОЇ ГОЛОВКИ МАКАРОННОГО ПРЕСУ

Черненко Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Виробництво макаронних виробів є однією з провідних галузей харчової промисловості, що забезпечує населення доступними, поживними та зручними у приготуванні продуктами. Основною сировиною для виготовлення макаронів є борошно твердих сортів пшениці, вода та, за потреби, додаткові компоненти, які формують смакові й структурні властивості готового продукту. Технологічний процес охоплює дозування та змішування сировини, замішування тіста, формування виробів, їх сушіння, стабілізацію та пакування. Від дотримання параметрів вологості, температури й тривалості обробки залежить якість макаронів, зокрема їх міцність,

колір, поверхнева структура та кулінарні властивості.

Протягом останніх років діяльність макаронних підприємств зазнала суттєвих змін. Понад половину з них нині становлять малі виробництва, що функціонують на приватній формі власності. В умовах ринкової економіки їх робота дедалі більше визначається дією конкурентних механізмів та необхідністю адаптації до вимог ринку.

На більшості підприємств макаронної галузі експлуатується обладнання, яке характеризується значним фізичним зносом і моральною застарілістю. Застосування таких технічних засобів спричиняє зростання виробничих втрат, погіршення показників якості готової продукції та підвищення енергоспоживання. Як наслідок, збільшується собівартість виробів, знижується рівень рентабельності й послаблюються конкурентні позиції підприємств на ринку. Окрім цього, використання застарілого устаткування потребує підвищених трудових витрат і може негативно впливати на стан навколишнього середовища.

Отже, проблема підвищення харчової цінності макаронних виробів разом із модернізацією та оптимізацією технологічної лінії їх виготовлення набуває особливої актуальності в сучасних умовах розвитку галузі.

Ключовим елементом технологічної лінії є макаронний прес – машина безперервної дії, призначена для замішування тіста та надання йому необхідної форми шляхом продавлювання через матрицю (фільєру). Конструктивно прес складається з приймального бункера, змішувальної камери, шнека та пресувальної головки з формувальними отворами. Під дією тиску тістова маса ущільнюється, стає пластичною та набуває заданої геометрії. Ефективність роботи преса визначається стабільністю тиску, рівномірністю подачі тіста та точністю підтримання технологічних режимів, що безпосередньо впливає на однорідність структури та якість кінцевого продукту.

Проведені дослідження наявних конструкцій машин засвідчили низку суттєвих недоліків, зокрема обмежений експлуатаційний ресурс, недостатню продуктивність та підвищену металоємність пресуючого шнека. У зв’язку з цим запропоновано здійснити модернізацію конструкції макаронного преса.

Аналіз будови макаронних пресів підтвердив доцільність удосконалення пресуючої камери з метою підвищення її надійності та довговічності. Окрім того, актуальним є впровадження сучасних приводів механізмів, які відзначаються компактністю, низьким рівнем шуму та зручністю в експлуатації. Особливу увагу необхідно приділяти уніфікації конструктивних рішень і забезпеченню високої якості виготовлення деталей.

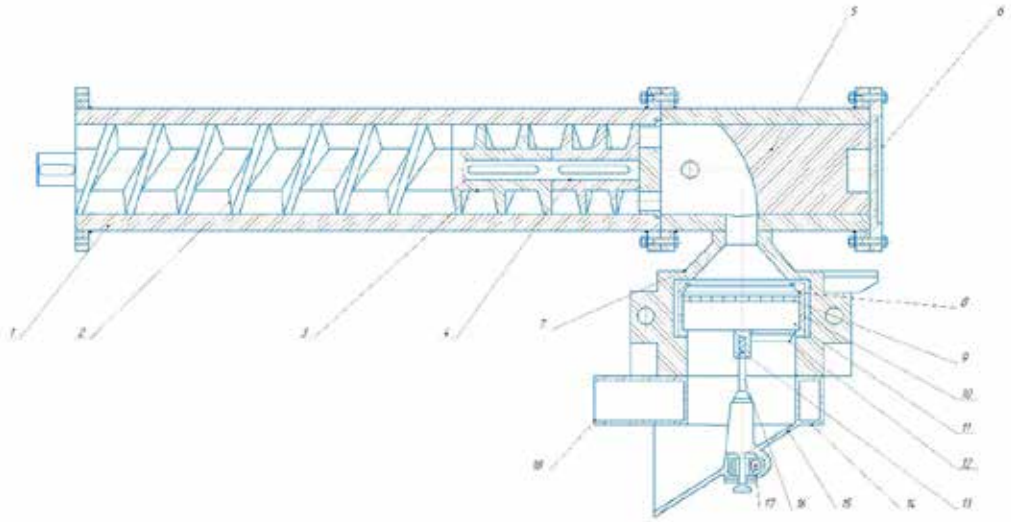
Головним робочим елементом пресувального вузла є шнек, однак коефіцієнт корисної дії його основної функції залишається порівняно невисоким. Конструктивно шнек являє собою вал із гвинтовою нарізкою, що формує міжвитковий простір сталого об’єму. Під час роботи він переміщує тістову масу разом із захопленим атмосферним повітрям у напрямку пресової головки, проте конструкція шнека не забезпечує відокремлення повітря від тіста, що може негативно позначатися на якості готових виробів.

У процесі пресування тістова маса поступально переміщується до пресової головки та ущільнюється шнеком, набуваючи форми закрученого каната. Такий характер руху супроводжується розтягуванням, розривом і частковим перетиранням клейковинної структури, що негативно позначається на формуванні текстури та якості готових виробів.

З метою усунення зазначеного недоліку запропоновано вдосконалити конструкцію пресувального шнека (рис. 1).

Пропонується виконати шнек у вигляді збірної конструкції, що складається з трьох елементів. Перша частина – базовий шнек, який використовується в існуючій конструкції, а дві інші – гвинтові втулки, встановлені на вал. З’єднання вала зі шнеком і втулками здійснюється за допомогою шпонкових з’єднань. Для забезпечення ефективнішого видалення повітряних включень із тістової маси передбачено лінійне зменшення кроку витків гвинтових втулок у напрямку руху продукту. Такий підхід сприяє інтенсивнішому ущільненню тіста, покращенню умов пресування, підвищенню якості макаронних виробів і зростанню продуктивності преса.

Окрім цього, використання збірної конструкції шнека забезпечує додаткову перевагу –



1 – шнекова камера; 2 – шнек; 3 – гвинтова втулка; 4 – вал; 5 – пробка; 6 – кришка; 7 – конусоподібна камера; 8 – сталеве кільце; 9 – захисна сітка; 10 – обойма для встановлення матриці; 11 – матриця; 12 – ніж; 13 – пружина; 14 – корпус обдувального пристрою; 15 – похила камера; 16 – вертикальний вал; 17 – горизонтальний вал; 18 – канал

Рис. 1. Конструктивна схема пресуючої головки макаронного преса

підвищення ремонтопридатності пресувального вузла. У разі пошкодження окремої ділянки гвинтової поверхні виникає потреба заміни не всього шнека, а лише його зношеної частини, що зменшує витрати на обслуговування та ремонт. При цьому зношування внутрішньої поверхні циліндра пресувальної камери відбуватиметься більш рівномірно, що дає змогу встановлювати шнеки збільшеного діаметра – на величину фактичного зносу циліндра.

Отже, запропонована модернізація сприяє підвищенню ефективності функціонування макаронного преса, зменшенню енергетичних витрат і зростанню надійності конструкції в експлуатації.

Список використаних джерел

1. Ялпачик В. Ф. Загорко Н. П., Паляничка Н. О. та ін. Технологічне обладнання для переробки продукції рослинництва: лабораторний практикум. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 277 с.

Науковий керівник: Паляничка Н. О., к.т.н., доц.

УДК 636.083.1

ВПЛИВ УМОВ УТРИМАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВРХ МОЛОЧНОГО НАПРЯМКУ

Сулейманова Е. Е., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Оптимальні умови утримання тварин поряд з належною годівлею – найважливіші передумови високої її продуктивності. Значення мікроклімату для тварини та її продуктивності було встановлено лише в останні десятиріччя. Найважливішою метою в

утриманні тварин має бути запобігання умовам, які спричиняють стресові ситуації. Беззаперечним є те, що будь-який вид стресу зменшує опір організму інфекціям. Послаблення імунної системи, що відбувається в такому випадку, здебільшого призводить до виникнення хронічних захворювань органів тварини [1,3].

Найзначніші стресові фактори, зумовлені умовами утримання це [2]:

- погана вентиляція у тваринницькому приміщенні (особливо висока температура);
- недостатній комфорт стійл або боксів (тверда або брудна поверхня);
- недостатнє забезпечення питною водою (низька її якість);
- ковзкі та вузькі проходи;
- недостатній догляд за ратицями тварин.

Наявність одного чи кількох із цих факторів спричиняє тривалий прихований стрес. Тварини стають вразливими до різноманітних захворювань. Особливо часто трапляються проблеми зі здоров'ям вимені та відтворною здатністю тварини. Здебільшого до цього додається зниження рівня споживання корму, що зрештою негативно впливає на продуктивність і загальний стан здоров'я.

Поширеною проблемою утримання худоби (особливо молочних корів) є помилки в плануванні, конструкціях та догляді за місцями для відпочинку (стійлами, боксами тощо) [3].

Розміри місць для відпочинку залежать від розмірів тварин. Найчастішою проблемою є правильне визначення розмірів місць для відпочинку, призначених для утримання різних порід з різними розмірами та вагою.

Взагалі, розробляючи оптимальні місця для відпочинку, слід брати до уваги наступне. Оптимальні розміри – основна передумова чистоти тварини. Особливо це стосується вимені корів. Не існує ще на практиці можливості досягти ідеальної чистоти при доїнні. А за відсутності належної чистоти неможливо уникнути поширенню збудників маститу [2,3].

Місця для відпочинку тварин краще виконувати у вигляді глибоких та високих боксів. Місце лежання у високих боксах дещо підвищене, а у глибоких знаходиться на рівні загальної підлоги у приміщенні [4].

Глибокі бокси мають ту перевагу, що за належної підстилки вони забезпечують м'яке і сухе місце для відпочинку. Недоліком глибоких боксів є значні витрати на їх щоденний догляд.

Для створення комфортного місця для відпочинку (матраца) західноєвропейські тваринники рекомендують виконувати наступне:

- зволожити очищену поверхню боксу водою;
- покрити підлогу перероблением гноєм товщиною 2…3см;
- засипати шар товщиною близько 15см сумішшю гною з соломою та втоптати його;
- рівномірно зверху розподілити 8…10кг подрібненої соломи та також втоптати її;
- зволожити солому водою.

Доглядати за матрацом рекомендується наступним чином. Двічі на тиждень розрівнювати нерівності і підсипати свіжу підстилку. Гній, що накопичується, постійно розподіляти у боксі і посипати соломою, доки шар не досягне висоти близько 20см. Після досягнення цієї висоти гній необхідно прибирати кожен день.

До переваг високих боксів можна віднести те, що при дотриманні правильних розмірів вим'я тварини завжди буде залишатись чистим. Порівняно з глибокими боксами високі бокси щоденно потребують менших затрат на їх догляд.

До недоліків високих боксів можна віднести:

- вартість облаштування вища за звичайні бокси (за рахунок необхідності придбання гумових килимків);
- необхідність посипання килимків підстилкою;
- небезпека поранення передніх суглобів ніг.

Особливо комфортно утримується у високих боксах молодняк.

Місця для відпочинку повинні бути м'якими, зручними для тварин та чистими. Цим вимогам можуть задовольняти і високі, і глибокі бокси при належному догляді за ними.

При безприв'язному утриманні худоби іноді використовують глибоку підстилку. Особливо комфортно на ній почуваються сухостійні корови. Корови мають достатньо місця для лежання і нековзну підлогу. Тільки необхідно звертати увагу на те щоб чистої соломи було підстелено у достатній кількості. Особливу увагу слід звертати на те, що ризик інфікування вимені бактеріями є особливо високим у перші два тижні сухостою та протягом двох тижнів після отелення [2].

Вплив умов утримання великої рогатої худоби на їх продуктивність тривалий час недооцінювали. Але якщо власник худоби прагне досягти високих показників, необхідно постійно працювати над оптимізацією умов утримання тварин. Навіть за сучасного рівня розвитку доїльного обладнання і високого рівня гігієни машинного доїння помилки в утриманні тварин спричиняють ризик інфікування молочних корів бактеріями.

Список використаних джерел

1. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник. Київ: Кондор, 2020. 410 с.

2. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посібник-практикум для виконання лабораторних робіт / О. Г. Скляр та ін. Мелітополь: Люкс, 2019. 303 с.

3. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р. В. Скляр та ін. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

4. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: курс лекцій / С. В. Дереза та ін. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2020. 196 с.

Науковий керівник: Дереза С. В., ст. викл.

УДК 332.368

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Назаренко М. Є., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Відновлення виробництва продуктів тваринництва часто сприймається мешканцями населених пунктів біля яких розміщені ферми та комплекси з недовірою. Прості мешканці за звичкою досі думають, що тваринницькі ферми та сучасні комплекси функціонують, як колишні ферми радянських часів з горами відходів та специфічним «запахом». Однак, прогрес не стоїть на місці і новітні технології дозволяють зробити діяльність сучасної ферми безпечною та комфортною.

Типовою є ситуація, коли ферма має належну сучасну систему утилізації гною. Однак є причиною скарг від мешканців населеного пункту на сморід, що йде від ферми. В той же час свої тварини чи тварини сусідів при цьому не смердять.

Основними небезпечними відходами у тваринництві є гній, залишки обробки продукції (біологічні відходи) та падіж худоби або птиці [2].

Гній, будучи одним з небезпечних відходів, водночас цінною є сировиною для біогазу і цінним органічним добривом. На великих фермах щороку накопичується велика кількість гною та гноївки: свинокомплекс на 12 тисяч голів «виробляє» до 36 тисяч тон гною і до 100 тисяч кубометрів гноївки; молочна ферма на 800 корів «видає» до 16 тисяч тон гною та до 30 тисяч кубометрів гноївки; птахофабрика на 5 млн птахів утворює до 35 тисяч тон посліду. Більшість ферм старої забудови зберігала гній невпорядковано, через що створювалось

забруднення ґрунтових вод і погіршувався стан атмосферного повітря довкола ферми.

Наявність сучасної системи переробки та утилізації гною впливає і на санітарну зону – чим краща система, тим менша потрібна санітарна відстань до населеного пункту [2,3,4].

Не вдається зовсім уникнути біологічних відходів. Це залежить від оснащеності підприємства та дотриманням санітарно-гігієнічних норм. У разі виникнення інфекційного захворювання масштаби загибелі тварин або птахів можуть сягнути десятків і сотень тисяч голів.

На сьогоднішній день для знешкодження й утилізації біологічних відходів використовують біологічний, хімічний та фізичний методи. Термічний спосіб створює забруднення атмосфери і ґрунтових вод. Несанкціоновані захоронення є неконтрольованими для майбутніх забруднень і заборонені законодавством України. А біологічний метод заснований на здатності мікроорганізмів розкладати та поглинати органічні відходи, через що має хороші перспективи розвитку.

Водночас варто зауважити, що в результаті виробничої діяльності тваринницьких підприємств і особливо свинокомплексів в атмосферне повітря викидається також значна кількість забруднюючих речовин, основні з яких: метан, сірководень, вуглекислий газ, аміак, пил, оксид азоту та інших шкідливих для здоров'я людей газів. Ці речовини якраз і викликають появу смороду від тваринницьких підприємств. Крім негативного впливу на людину, викиди від них завдають значної шкоди і атмосферному повітрю, адже викиди від тваринних комплексів становлять 18% від усіх викидів парникових газів. Для прикладу, з 1 тони гною може викидатися в атмосферу до 52 $м^3$ біогазу, 60% якого складає метан, який відноситься до парникових газів [1].

Сучасні технології та технічні засоби збору й переробки гною дозволяють вибрати оптимальну систему утилізації гною залежно від поголів'я, умов утримання, матеріалів і сировини, рельєфу місцевості, фінансової складової [2,4].

Науковці вважають, що реконструкція чи будівництво нового тваринницького комплексу повинно починатися з організації системи видалення і переробки відходів. При цьому важливо залучити до роботи відповідних спеціалістів та обговорити це питання з місцевою громадою. У подальшому контроль з боку місцевої влади та відповідних служб обов'язковий.

В багатьох країнах Європейського Союзу, де щільність поголів'я свиней на одну людину значно більша, ніж в Україні, а території для ведення виробництва значно менше, гній в основному накопичують у бетонних лагунах і у дозволені законодавством періоди вносять у землю сільськогосподарського призначення.

Питання екологічного стану попри все так само турбуватиме людей, проте у них буде розуміння специфіки виробництва і довіра до впроваджених технологій з можливістю їх перевірки.

Науковці переконують, що критичного стану відходи тваринництва для людства взагалі і України зокрема не являють. Керувати ними, вдосконалювати технології реально і можливо.

Список використаних джерел

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

2. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посібник-практикум для виконання лабораторних робіт / О. Г. Скляр та ін. Мелітополь: Люкс, 2019. 303 с.

3. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р. В. Скляр та ін. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

4. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: курс лекцій / С. В. Дереза та ін. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2020. 196 с.

Науковий керівник: Дереза С. В., ст. викл.

УДК 621.577

ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ НА ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ярмак І. В., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Одним з актуальних та першочергових завдань ефективного розвитку України є проблема енергозбереження при виробництві тваринницької продукції у разі використання енергетичних засобів різної якості. Незважаючи на високі темпи впровадження альтернативних та відновлювальних енергетичних джерел енергії в Європі, США, Японії, особлива увага приділяється сучасним теплонасосним технологіям [1,4,5].

Перспективним напрямом на дійсний час є використання природних джерел енергії для теплопостачання об'єктів тваринницьких підприємств. Методи використання поновлювальної природної енергії економічно ефективні, однак частка застосування теплової енергії довкілля доволі мала. Підвищити ефективність використання природних джерел енергії (повітря, ґрунту, води), особливо для потреб теплопостачання тваринницьких приміщень та інших об'єктів тваринницьких ферм і комплексів, можна за умов використання теплових насосів (ТН) [1,2,3,5].

ТН – це компактна економічна та екологічна установка для теплопостачання, призначена для автономного обігріву та гарячого водопостачання побутових і виробничих приміщень. За рахунок використання теплоти природних джерел енергії, наприклад енергії зовнішнього повітря, ґрунту, ґрунтових, артезіанських та термальних вод; природних вод річок, озер, морів; промислових та очищених побутових стоків; води технологічних циклів, витративши 1 кВт електричної енергії, можна отримати від 3 до 5 кВт теплової енергії [5,6].

Практика показує, що ТН окупається протягом п'яти–семи опалювальних сезонів.

ТН – це ефективна заміна газового, електричного або твердопаливного котла. Наприклад, для побутового приміщення площею 100 м^2 необхідно 10–12 кВт теплової енергії, яку можна отримати, опустивши два зонди у ґрунт на глибину 100 м. Для цього потрібна ділянка землі розміром 6х6 м.

Всі джерела низькопопотенційної теплоти довкілля (ґрунт, вода, повітря) акумулюють сонячну енергію.

Ґрунт акумулює сонячну енергію у формі теплоти, одержуваної від дощу або з повітря. Середня температура ґрунту нижче площини промерзання становить протягом усього року 8–12°С. Ґрунт має властивість зберігати сонячну енергію протягом тривалого часу ***[1]***.

Акумульована ґрунтом теплота може передаватися сумішшю (складається з води і антифризу), точка замерзання якої повинна перебувати приблизно на рівні -15°С, через горизонтально прокладені ґрунтові теплообмінники або через вертикально розташовані ґрунтові зонди.

Спіралеподібні колектори є альтернативою у разі використання теплоти ґрунту. За допомогою вертикального буріння вони розміщуються на глибині від 2 до 4 м на відстані близько 4 м один від одного.

Ґрунтові води – також являються акумулятором сонячної теплоти. Навіть у холодні зимові дні вони зберігають постійну температуру до +12°С. Внаслідок незмінного температурного рівня джерела тепла коефіцієнт трансформації залишається високим протягом усього року [1].

ТН «повітря – вода» натепер може експлуатуватися протягом року, однак за низьких температур коефіцієнт трансформації різко зменшується. Повітря легко використовувати як джерело теплоти, оскільки воно є скрізь і в необмеженій кількості.

ТН для нагріву технологічної води та води для напування тварин використовуються

окремо від системи опалення і призначені для централізованої подачі води. Вони забирають теплоту з повітря в приміщенні і підігрівають таким чином воду. Додатково може бути використано відпрацьовану теплоту іншого технологічного обладнання, наприклад, холодильної камери. Перевагою ТН системи водопостачання є те, що він забирає вологу з повітря в приміщенні й охолоджує його, таким чином, приміщення, де розташований ТН, стає сухішим і прохолоднішим. ТН системи нагріву води обладнані, зазвичай, закритим акумулятором, в якому зберігається тепло. Завдяки цьому підігріту воду можна подавати в різні частини тваринницького приміщення в любий час доби.

Застосування ТН не модернізація традиційних джерел енергії, а прогресивний, високоефективний і екологічно чистий спосіб перетворення енергії, що дає змогу не тільки зменшити витрати традиційного органічного палива у разі одержання теплоти, а й істотно знизити забруднення довкілля. Теплонасосні установки також є багатофункціональними (одночасно виробляють тепло і холод, нагрівають воду), мобільними, надійними в експлуатації і можуть бути повністю автоматизованими.

Необхідно відмітити що для спрощення завдання обігріву потрібно максимально знизити втрати теплоти будівлею – утеплити стіни, покрівлю та фундамент приміщення тваринницького підприємства. Утеплення приміщення забезпечить економію теплоти до 30–40%.

В цілому ж використання теплових насосів для теплопостачання і нагріву технологічної і питної води на тваринницьких ферма та комплексах України є перспективним напрямом використання альтернативних природних низькопотенційних джерел енергії.

Список використаних джерел

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

2. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посібник-практикум для виконання лабораторних робіт / О. Г. Скляр та ін. Мелітополь: Люкс, 2019. 303 с.

3. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р. В. Скляр та ін. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

4. Маляренко В. А., Лисак Л. В. Енергетика, довкілля, енергозбереження. Харків : Рубікон. 2004. 368 с.

5. Безродний М. К., Пуховий І. І., Кутра Д. С. Теплові насоси та їх використання : навч. посібник. Київ : НТУУ «КПІ». 2013. 312 с.

6. Проектування та монтаж техніки агропромислового виробництва»: курс лекцій / С. В. Дереза та ін. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2020. 196 с.

Науковий керівник: Дереза С. В., ст. викл.

УДК 631.5:631.459

ЕФЕКТИВНІСТЬ НУЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Вергун Р., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

Нульовий обробіток ґрунту (No-Till, “прямий посів”) - це технологія землеробства, при якій насіння висівають без традиційної оранки чи глибокого розпушування ґрунту. Іншими словами, посів проводиться без попередньої обробки ґрунту, прямо в полі із пожнивними

рештками попередньої культури. Для цього використовують спеціальні прямі сівалки, що можуть розрізати мульчу, одночасно вносячи насіння і добрива. Такий підхід сприяє збереженню структури ґрунту: на поверхні утримується рослинна мульча, зменшується ерозія, покращується накопичення вологи та органічної речовини. Разом із цим No-Till відноситься до практик відновлюваного землеробства - його застосування допомагає відновити родючість ґрунту та зробити агровиробництво більш стійким

Попри всі очевидні переваги, технологія No-Till має й певні мінуси, які потребують окремого обговорення. Зокрема, неправильне управління ґрунтом може призвести до його ущільнення, а значне накопичення залишків рослин може утруднити рівномірне проростання насіння.

На важких глинистих і щільних ґрунтах, а також на піщаних ґрунтах з низьким вмістом органіки, через відсутність періодичного розпушення формується ущільнений шар. Це ускладнює проникнення повітря та води і гальмує ріст коріння.

Безобробітній метод передбачає мінімальне механічне втручання в ґрунт і збереження на його поверхні значних обсягів пожнивних решток – соломи, стерні, листостеблової маси попередніх культур. Такий підхід має суттєві агроекологічні переваги, зокрема зменшення ерозії, підвищення вмісту органічної речовини, покращення структури ґрунту та збереження вологи. Однак накопичення великої кількості рослинних залишків створює і низку технологічних викликів. Передусім, за відсутності якісного подрібнення та рівномірного розподілу соломи по поверхні поля формується неоднорідний, інколи надмірно товстий шар мульчі. Такий шар може перешкоджати контакту насіння з ґрунтом, ускладнювати формування посівного ложа та спричиняти нерівномірну глибину загортання насіння. Як наслідок – сповільнюється або ускладнюється проростання, знижується польова схожість, виникає строкатість сходів. Крім того, нерівномірне покриття поля рослинними рештками впливає на температурний режим верхнього шару ґрунту, що особливо критично в умовах ранніх строків сівби або в регіонах із прохолодним кліматом.

Вирішення зазначених проблем потребує комплексного підходу та додаткових інвестицій у матеріально-технічну базу господарства. Зокрема, необхідним є використання високоефективних подрібнювачів соломи, встановлених на зернозбиральних комбайнах, а також спеціалізованих сівалок для технології No-Till, оснащених потужними сошниками, системами очищення рядка та механізмами забезпечення стабільного притискного зусилля. Такі сівалки здатні прорізати шар мульчі, формувати якісне посівне ложе та забезпечувати точне розміщення насіння навіть за умов значної кількості пожнивних решток.

У системах No-Till характерне сильне забур’янення, адже бур’яни не знищуються обробітком ґрунту. Фермери змушені активно застосовувати гербіциди , що призводить до появи резистентних бур’янів. Крім того, у безорному полі активізуються слимаки та інші ґрунтові шкідники, котрі живуть під мульчею. Стратегічна обробка ґрунту (навіть раз у 5–6 років) руйнує їхні популяції - наприклад, оранка руйнує яйця слимаків і значно знижує їх чисельність сучасні методи обробітку грунту пропонують інтегровані рішення вирішення ключових проблем цієї технології. Доцільно застосовувати обмежену оранку (одноразову чи епізодичну) раз на 5 - 10 років. Навіть мінімальна “зворотна” оранка руйнує ущільнення, перемішує накопичені поживні речовини і знижує навантаження гербіцидами - при тому, що більшість позитивних властивостей ґрунту практично не втрачається. така разова операція не знижує врожайності в довгостроковій перспективі, але допомагає боротися з бур’янами і ущільненням

Рослинні залишки, що знаходяться на поверхні поля перед обробітком за технологією No-Till, є корисними, але призводять до складнощів при проведенні обробітку, оскільки перешкоджають роботі робочих органів машини. Тому перед обробітком доцільно застосовувати препарати - дистуктори, вони прискорюють розклад соломи і розщеплення мульчі. Регулярне застосування таких біостимуляторів у суміші з внесенням мінеральних добрив допомагає зменшити товщину мульчі та покращити теплопровідність ґрунту.

Окрім ротації культур і покривних трав, доцільно використовувати фізико-механічний

контроль бур'янів. Наприклад, поверхневі міжрядні культивації або прикочування ґрунту, які безорні сівалки можуть здійснювати, допомагають витісняти бур'яни без активного залучення хімії.

Введення сучасних підходів до обробітку ґрунту, зокрема енергоощадної технології No-Till, передбачає підготовку кваліфікованих кадрів, зокрема агрономів, оскільки на ефективність буде впливати цілий ряд зовнішніх чинників: попередники в сівозміні, поточний стан ґрунту, види та кількість добрив, які вносилися в попередні роки. Це також вимагає комплексного підходу до управління агровиробництвом, враховуючи всі аспекти технології. Успіх No-Till значно залежить від агротехніки – своєчасного підживлення, моніторингу вологості та хвороб.

Технологія No-Till має безсумнівні переваги для збереження ґрунту, але реалізувати їх максимально можна лише при комплексному підході. Поєднання контрольованої оранки, покривних культур, сучасної техніки та грамотного планування сівозмін дозволяє подолати "серйозні питання" системи No-Till і робить її ефективнішою.

Найбільш ефективним нульовий обробіток ґрунту є на ґрунтах із доброю природною структурою, середнім або легким механічним складом та достатнім вмістом органічної речовини. Такі ґрунти здатні підтримувати стабільний водно-повітряний режим без механічного розпушування, що є критично важливим для розвитку кореневої системи культур за умов прямого посіву. Чорноземи та структурні суглинки є найбільш придатними для впровадження технології No-Till, оскільки в них активно функціонують біологічні механізми структуроутворення, зокрема діяльність ґрунтових мікроорганізмів і дощових черв'яків. У таких умовах відсутність обробітку компенсується природними процесами формування пористості ґрунту.

Натомість на важких, деградованих або перезволожених ґрунтах застосування нульового обробітку без попередньої адаптації може призводити до зниження ефективності технології, що вимагає поетапного переходу або використання комбінованих рішень з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Список використаних джерел

1. Дем'янюк О. С., Полтава О. П. Позакореневе підживлення як ефективний спосіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. 2025. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2025.345451

2. Використання агродронів в сільському господарстві: все, що потрібно знати / Storgom.ua. URL: https://storgom.ua/ua/novosti/ispolzovanie-agrodronov-v-selskom-hozyajstve.html (дата звернення 14.01.2026).

Науковий керівник: Ліннік А. Ю., к.т.н., доц.

УДК 631.3:631.5

МОДЕРНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ЯК ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ

Березюк І., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», м. Бережани, Україна

Сільське господарство є однією з ключових галузей економіки України та важливим чинником продовольчої безпеки держави. Сьогодення аграрного господарювання стикається з рядом негативних факторів – обмеження орних площ, зниження рівня гумусу ґрунтів,

зростаючий вплив вітрової ерозії та поглиблення залягання водного горизонту, що створює додаткові виклики. Застосування новітніх технологій, які можуть ефективно впоратися з такими викликами, заразом сприяти рентабельності діяльності шляхом підвищенням врожайності, зниженням енергетичних ресурсів та підвищенням комфортності і відповідно скороченням термінів виконання операцій, часто ускладнюється через невідповідність існуючої техніки цим технологіям. Поряд з тим, застаріла техніка характеризується недостатньою точністю виконання роботи, невідповідністю якості виконання робіт підвищеним агро вимогам, високі показники енергозатрат, вичерпаний або близький до ремонту ресурс, тощо. Тому, питання модернізації машинно-тракторного парку господарства, особливо середнього і малого, має чи не визначальний вплив на рентабельність діяльності аграрного підприємства [1, 2].

У сучасних умовах аграрне виробництво потребує підвищення врожайності, а також модернізації техніки і обладнання. Значну роль у цьому відіграє технічне забезпечення господарств. Саме модернізація сільськогосподарської техніки стає ключовим шляхом до зростання врожайності та покращення якості продукції.

Підвищення реантабельності сучасного підприємства залежить напряму від використання сучасних технологій та можливостей і стану машино-тракторного парку. Трактори, є енергетичною складовою машино-тракторного парку, оскільки адже саме вони приводять в рух сільсько-господарські машини під час операцій: обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, обприскування, транспортування, тощо. Саме від них залежать ефективність функціонування машин та енергетичні затрати господарства.

Сучасні трактори мають ряд переваг над попередніми моделями, адже в них використовуються сучасні двигуни, які автоматично підлаштовуються під навантаження, зменшуючи витрати пального, що дає змогу значно економити кошти на енерговитрати. Щоб зменшити шкоду на ґрунт, нові трактори мають кращий розподіл ваги та сучасні шини або гусениці, що знижує ущільнення ґрунту і покращує умови росту рослин. Точність виконання робіт безпосередньо залежить від технологій GPS-навігації та систем автопілоту, які забезпечують рівні проходи без перекриттів і пропусків, що особливо важливо під час сівби та внесення добрив.

Також важливим є покращення умов праці оператора. Сучасні трактори обладнані герметичними кабінами, кондиціонерами, ергономічними сидіннями та зручними панелями керування. Комфорт зменшує втому оператора і дозволяє працювати довше без зниження якості роботи.

Модернізація сівалок відіграє важливу роль у підвищенні врожайності. Насамперед вона забезпечує точну глибину висіву. Сучасні сівалки автоматично контролюють глибину загортання, що дозволяє насінню отримати достатньо вологи та швидко прорости. Не менш важливою є рівномірна відстань між насінинами. Завдяки електронним системам кожна рослина має однакову площу живлення, що сприяє її повноцінному розвитку. Окрім цього, техніка точно контролює норму висіву, подаючи необхідну кількість насіння та зменшуючи перевитрати. Моніторинг роботи в реальному часі дає змогу оператору своєчасно виявляти пропуски або засмічення. У результаті формуються дружні сходи, забезпечується рівномірний розвиток рослин і, як наслідок, підвищується врожайність.

Не менш важливою є модернізація обприскувачів, які використовуються для внесення засобів захисту рослин – гербіцидів, фунгіцидів та інсектицидів. Сучасні системи автоматично регулюють норму внесення залежно від швидкості руху техніки, що забезпечує точне дозування препаратів. Датчики контролюють висоту штанги та підтримують однакову відстань до рослин, завдяки чому досягається рівномірне покриття. Крім того, посекційне відключення форсунок дозволяє уникати повторного обробітку вже пройдених ділянок, що сприяє економії ресурсів. Зменшення перевитрати хімічних препаратів також позитивно впливає на довкілля, знижуючи рівень забруднення ґрунту.

Модернізація розкидачів добрив спрямована на забезпечення рівномірного розподілу добрив по всій площі поля. Сучасні системи автоматично регулюють норму внесення

відповідно до потреб ґрунту, орієнтуючись на карти врожайності. Завдяки цьому добрива вносяться саме там, де їх бракує, що дозволяє уникнути перенасичення ґрунту та перевитрат. Такий підхід сприяє кращому засвоєнню поживних речовин рослинами й безпосередньо впливає на формування високого врожаю.

Оновлення комбайнів завершує цикл модернізації техніки в рослинництві. Навіть за високої врожайності втрати під час збирання можуть суттєво зменшити кінцевий результат, тому вдосконалення комбайнів має особливе значення. Сучасні машини оснащені покращеними системами обмолоту та очищення, які мінімізують втрати зерна. Потужні двигуни та висока продуктивність дозволяють швидко обробляти великі площі у найоптимальніші строки. Датчики втрат, вологості та врожайності допомагають контролювати якість збирання та оперативно налаштовувати роботу машини. Комфортні кабіни з сучасними системами клімат-контролю зменшують втому оператора під час тривалої роботи, а здатність працювати у складних умовах – за підвищеної вологості або на нерівному рельєфі – гарантує стабільний результат.

Важливою складовою цього процесу є впровадження цифрових технологій та елементів точного землеробства. GPS-навігація і комп'ютерні системи забезпечують точне визначення місцезнаходження техніки на полі, що дозволяє виконувати роботи без перекриттів і пропусків. Збір і аналіз даних про врожайність, вологість зерна та стан ґрунту дає можливість створювати карти полів і приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Економічне значення модернізації полягає у зменшенні витрат на пальне і ремонт, підвищенні продуктивності праці та швидшій окупності вкладених коштів. У результаті господарства отримують більший прибуток.

Модернізація сільськогосподарської техніки є важливою умовою підвищення врожайності, та розвитку аграрного сектору. Економії пального та грошей на ремонт техніки. Вона забезпечує ефективне використання ресурсів, покращення якості продукції та стабільне зростання прибутковості. У сучасних умовах оновлення технічної бази є необхідним кроком для сталого розвитку сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Кириленко І. Г., Дем'яненко М. Я. Аграрна політика України в умовах глобалізації : монографія. Київ : ННЦ ІАЕ, 2018.

2. Мельник Л. Ю. Модернізація сільськогосподарської техніки як фактор підвищення ефективності виробництва. *Економіка АПК.* 2020. № 5.

Науковий керівник: Ліннік А. Ю., к.т.н., доц.

УДК 631.331

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СИЛ НА НАСІННЯ ПІД ЧАС ПРИСМОКТУВАННЯ ДО ОТВОРІВ ВИСІВНОГО ДИСКУ

Мельник В. І.[1], д.т.н., професор,
Зеленський А. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія),
Зеленський О. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія),
Зеленський М. А.[2], здобувач СВО бакалавр.
[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,
[2]Державний університет Люблінська Політехніка, м. Люблін, Польща.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток висівної техніки, перехід на високі швидкості сівби спонукає знаходити шляхи удосконалення та модернізації висівних апаратів

для збереження сингуляції рослинництва. При збільшенні швидкості обертання висівного диску зростають динамічні навантаження, що намагаються зірвати насіння з області присмоктуючого отвору до моменту сходу в насіннєпровід для висіву культури. Наслідком є нерівномірність та якість висіву, що призводить до зниження врожайності.

Основні матеріали дослідження. Утримання насіння в отворах висівного диску є дуже важливим етапом у роботі пневматичної сівалки точного висіву. Стабільність присмоктування до отворів висівного диску є наслідком відсутності пропусків та здвоєння, що позитивно впливає на майбутню врожайність.

Метою дослідження є аналіз впливу сил, що діють на насіння підчас присмоктування до отворів на висівному диску. Об'єктом дослідження є сили, що діють на насіння. Предметом є конструктивні параметри, що впливають на присмоктування насіння до отворів висівного диску. Використано методи порівняння та аналізу зміни розміщення насіння відносно отворів на висівному диску та впливу сил, що діють на нього, використовуючи теоретичні та практичні дослідження.

Для визначення конструктивних параметрів висівного диска проаналізуємо процес присмоктування насіння до отворів [1,2]. Перебіг процесу присмоктування залежить від кутової швидкості обертання висівного диска ω_{disk}, радіуса розташування отворів, до яких присмоктується насіння, на висівному диску R_h, а також діаметра отворів, що присмоктують d_h, діаметра самого насіння d_{seed}, маси насіння, що висівається m_{seed}, тиску створюваного пневматичною системою Δp. Всі ці параметри впливають на результат висіву насіння. Важливим етапом такого процесу є захоплення насіння з представленого обсягу висівного матеріалу та легкість утримання його в області отвору диска, що присмоктує, аж до настання фази скидання та подачі в борозну. Для аналізу та розрахунків приймаємо, що форма насіння просапної культури має сферичну форму [3]. Розглянемо роботу висівного диска при одноточковому контакті насіння з висівним диском (окремий випадок), наприклад у точці A_1. При цьому на насіння діють в області отвору, що присмоктує, сила вакууму, нормальна сила, сила тертя, відцентрова сила та сила тяжіння, а центр сфери O_s знаходиться на відстані s від прямої, що проходить через центр присмоктуючого отвору точки O перпендикулярно до поверхні диску.

Сили, що діють на насіння:

1. Сила присмоктування (вакуума) – F_{vac}: це сила, що прижимає насіння до поверхні присмоктуючого диску. Ця сила діє перпендикулярно до поверхні диску вдоль осі Z. Приймаємо, що ця сила рівномірно розподілена по поверхні насіння, що потрапило в область присмоктуючого отвору цим самим виникає присмоктування (притискання).

$$\vec{F}_{vac} = \Delta\vec{p}A_{hole}, \quad (1)$$

де $\Delta\vec{p}$ – розрідження повітря, що виникає під час роботи пневматичної системи в камері висіваючого апарату, Па; A_{hole} – площа присмоктуючого отвору, м^2.

2. Сила тяжіння:

$$\vec{G} = m_{seed}\vec{g}, \quad (2)$$

Ця сила діє вертикально вниз та прикладена до центру мас насіння.

3. Відцентрова сила:

$$\vec{F}_c = m_{seed}\omega_{disk}^2 R_{seed}, \quad (3)$$

Ця сила виникає, коли диск обертається та направлена від осі обертання та прикладена до центру мас насіння.

4. Нормальна сила (нормальна реакція): $\vec{N}$

5. Сила тертя спокою:

$$\vec{F}_{fric} = \mu_{disk}\vec{N}, \quad (4)$$

Сила тертя завжди буде перпендикулярно до нормальної сили, що намагається утримувати насіння в області присмоктуючого отвору та прикладена в точці контакту насіння з висівним диском.

На насіння, що утримується в отворі висівного диску за рахунок різниці тиску, сили вакуума – $\vec{F}_{vac}$, в точці контакту, на нього діють нормальні реакції – $\vec{N}_1$ з боку поверхні отвору, а також сила тертя – $\vec{F}_{fric_1}$, яка направлена по дотичній до поверхні контакту. Насіння під дією сили тяжіння – $\vec{G}$ та відцентрової сили – $\vec{F}_c$ намагається покинути область присмоктування та відірватися. Контакт здійснюється у точці – A_1 дотику насіння до поверхні диска, в якій діє нормальна сила та сила тертя, які впливають на можливе відносне переміщення насіння, рис. 1. При розгляді поведінки насіння під час процесу захоплення отвором висівного диску при роботі висівного апарату, потрібно перш за все визначити координати характерних точок щодо яких ми вивчаємо та аналізуємо процес. Центр тяжкості насіння позначимо точкою – O_s, це і буде точка через яку розглядатимемо вплив сил на насіння. Проведемо через центр висівного диска, точку – O_d, пряму – це буде вісь Y, спрямована назовні диска, вниз. Для оцінки ефективності утримання насіння введемо поняття утримуюча сила – $F_{\text{уд}}$, яка визначиться, як сума сил, що прагнуть залишити насіння на місці.

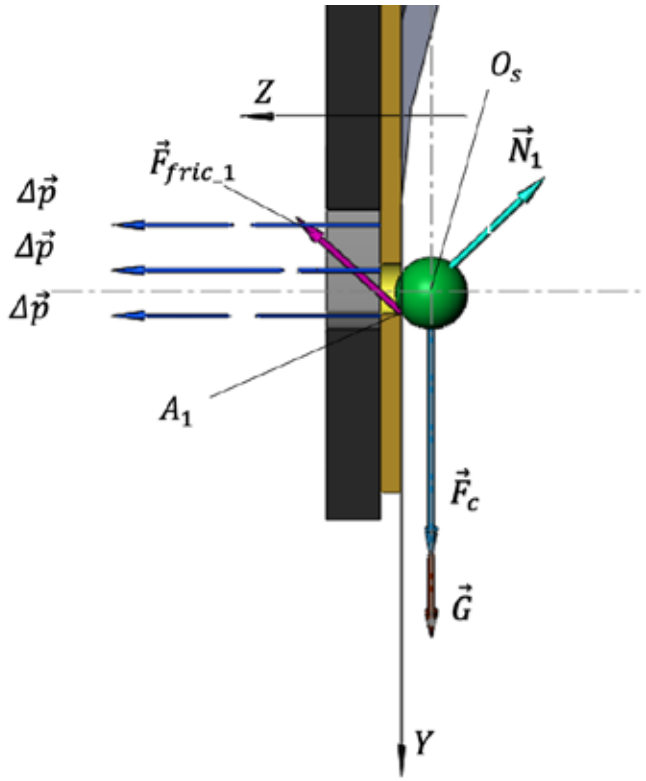


Рис. 1. Захоплення насіння присмоктуючим отвором висівного диска в точці A_1, та сили, що діють на насіння

У даному контексті, утримуюча сила – це сила вакууму, яка притискає насіння до диску, а сила тертя диска по поверхні насіння та нормальна сила прикладені в точці A_1 є результатом дії цієї сили. Введемо поняття сили, що перекидає – $F_{\text{опр}}$. Перекидна сила - це сумарна сила, що прагне зірвати насіння – F_{Σ}. Для аналізу процесу перекидання, важливо розглядати сили, що створюють відрив насіння від області отвору, що присмоктує. Прийнявши відносну систему координат XYZ, потрібно розглядати систему рівнянь, що описують рух насіння в момент присмоктування його до отвору висівного диску в момент дії сил на осі X, Y та Z. Також, для аналізу стійкості утримання потрібно визначити моменти всіх сил щодо точки торкання насіння висівного диска – A_1.

Момент сили визначається як добуток сили на плече – важеля. Плече – важеля – це перпендикулярна відстань від лінії дії сили до осі обертання. Якщо сила прикладена до тіла, яке може обертатися, момент сили буде максимальним, коли лінія дії сили перпендикулярна до плеча важеля.

Висновки. Процес утримання насіння на диску, що присмоктує, в області отвору, відбувається за рахунок сили вакууму. Насіння, притиснуте до отвору диска силою вакууму – F_{vac}, утримується в цій області по колу, що має радіус – r_i. Впливають на насіння сили, які прагнуть зірвати його з поверхні диска, це сила тяжіння – G та відцентрова сила – F_c, що виникає під час обертання диска. Точкою опори, навколо якої може відбуватися перекидання, є точка контакту насіння з поверхнею диска, що присмоктує.

Список використаних джерел

1. Бузенков Г. М. Машини для посіву сільськогосподарських культур. [б.м.], 1976. 272 с.
2. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич [та ін.] ; За ред. Д. Г. Войтюка. Київ: Агроосвіта, 2015. 678 с.
3. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Харків: Око, 2001. Т. 1, ч. 2: Машини для сівби та садіння, 2001. 452 с.

УДК 631.15

РОЗРОБКА ПАЛИВНОГО ЗМІШУВАЧА НА ОСНОВІ РОТОРА САВОНІУСА

Бурлака С. А., PhD, доцент
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Запропоновано оригінальне конструктивно-технологічне рішення пасивного паливного змішувача, призначеного для ефективної гомогенізації багатокомпонентних двофазних паливних сумішей (дизельне паливо + біодизель/біоетанол/водно-паливна емульсія/функціональні присадки) у системах живлення двигунів внутрішнього згоряння. Ключовим активним елементом пристрою виступає ротор Савоніуса, що приводиться в обертання виключно за рахунок кінетичної енергії потоку рідкого палива без використання зовнішнього електричного чи механічного приводу.

Сучасні альтернативні та гібридні палива, зокрема біодизельні суміші, водно-паливні емульсії та багатокомпонентні композиції з низькокалорійними добавками, вирізняються підвищеною в'язкістю, недостатньою взаємною розчинністю компонентів та вираженою тенденцією до розшарування в процесі зберігання й транспортування. Традиційні засоби змішування - статичні змішувачі, механічні мішалки з електроприводом, ультразвукові або кавітаційні емульгатори - або не забезпечують достатнього рівня дрібнодисперсності, або потребують значних енергетичних витрат, ускладнюючи їх інтеграцію в бортові системи живлення транспортних засобів.

Запропонована конструкція змішувача включає циліндричний корпус із тангенціально розташованим впускним патрубком (кут нахилу 25–45° до осі ротора), що сприяє ефективному розгону потоку. Робочий ротор виконано у класичній двосекційній конфігурації Савоніуса з перекриттям лопатей 15–20 % та співвідношенням діаметра лопатей до діаметра корпусу в межах 0,8–1,2 [1]. Для підвищення ефективності змішування передбачено:

-окремі канали для роздільної подачі основного палива та другого компонента (присадки, емульгатора чи альтернативного палива);

-внутрішні завихрювальні ребра на стінках корпусу;

-вихідний конфузорний конус, який стабілізує потік і запобігає передчасному розпаду турбулентних структур перед входом у форсунку.

Обертання ротора генерує потужний турбулентний потік із локальними зонами рециркуляції, зсувними шарами високої інтенсивності та елементами гідродинамічної

кавітації, що забезпечує руйнування крапель другої фази до розмірів 5–25 мкм та стійку гомогенізацію суміші (рис. 1).

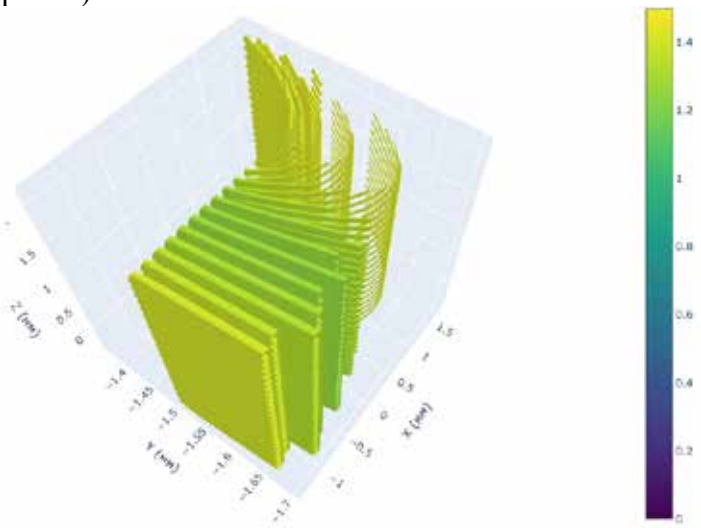


Рис. 1 Рух частинок палива навколо ротора Савоніуса

Попереднє чисельне CFD-моделювання, виконане в програмному комплексі Star-CCM+ версії 2023.2 з використанням багатофазної моделі Volume of Fluid (VOF) для точного відстеження межі розділу двох рідин та турбулентної моделі k-ω Shear Stress Transport (SST), яка добре описує потоки з вираженою кривизною, відривом і зсувними шарами, за умов характерних для системи живлення двигуна Д-240 витратних швидкостей потоку 2–6 м/с, продемонструвало високу ефективність запропонованого пасивного змішувача [2].

Зокрема, ротор Савоніуса, що приводиться в обертання виключно кінетичною енергією потоку палива, досягає стаціонарного режиму обертання вже через 0,08–0,25 с після початку подачі. Така швидка реакція свідчить про високу чутливість конструкції до змін режимів роботи двигуна і дозволяє забезпечити стабільну гомогенізацію суміші навіть у перехідних процесах (розгін, холостий хід, навантаження).

Інтенсивність турбулентності в активній зоні змішування (вираженій через турбулентну кінетичну енергію TKE) зростає в 4,2–7,8 рази порівняно зі статичним прямим каналом. Це пояснюється генерацією потужних зсувних шарів на поверхні лопатей, локальних зон рециркуляції за ротором та інтенсивних вихрових структур, які руйнують агрегати крапель другої фази (водно-паливної емульсії, біодизелю чи присадки) до розмірів 7–22 мкм.

Ступінь гомогенізації суміші, кількісно оцінений за критерієм дисперсії об’ємної концентрації другого компонента вздовж осі каналу, досягає 92–96 % уже на відстані 3–4 діаметрів ротора від його осі (тобто приблизно 240–330 мм від початку ротора). Такий високий рівень рівномірності розподілу компонентів забезпечує практично ідеальну підготовку паливної суміші безпосередньо перед входом у форсунку.

Одночасно гідравлічний опір пристрою залишається помірним і не перевищує 0,04–0,09 МПа при номінальних режимах подачі палива, що становить лише 3–7 % від загального опору системи живлення двигуна Д-240 і не потребує додаткового підвищення тиску підкачувального насоса.

Отримані результати чисельного експерименту чітко свідчать про перспективність використання ротора Савоніуса як основи енергоефективного, компактного, надійного та технічно простого пасивного паливного змішувача для двофазних і багатокомпонентних паливних систем сучасних двигунів внутрішнього згоряння. Конструкція не потребує зовнішнього приводу, не споживає додаткової електроенергії, легко інтегрується в штатний корпус фільтра тонкої очистки і відкриває широкі можливості для використання альтернативних та гібридних палив без суттєвого ускладнення бортової системи живлення.

Список використаних джерел

1. Burlaka S., Kupchuk I., Boretska T., Gontaruk Ya., Melnyk M. Optimizing the process of mixing diesel fuel and biofuel in a blade mixer to improve mixture quality. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal.* 2024. Vol. 27, № 3. P. 31–52. https://doi.org/10.33223/epj/189437

2. Burlaka S., Yemchik T. Improving the efficiency of the use of biodiesel fuel mixtures in the systems of autonomous energy supply of agricultural enterprises. *In: Modernization of research area: national prospects and European practices: Scientific monograph.* Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2022. P. 205–237. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-221-0-9

УДК 664.8.037.1

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗБЕРІГАННЯ СВІЖОНАРІЗАНИХ ЯБЛУК: ВИКОРИСТАННЯ L-ЦИСТЕЇНУ В СИСТЕМІ КОМПОЗИТНИХ БІОПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ

Петришин Д. С., аспірант
Уманський національний університет, Умань, Україна

Свіжонарізані яблука є однією з найбільш популярних категорій мінімально обробленої фруктової продукції у сегменті ready-to-eat завдяки високій харчовій цінності, зручності споживання та привабливим органолептичним властивостям. Водночас процес нарізання призводить до порушення клітинної структури тканин, активації ферменту поліфенолоксидази та інтенсивного ферментативного потемніння. Окиснення фенольних сполук супроводжується погіршенням зовнішнього вигляду, втратою антиоксидантної активності, зміною смакових характеристик і скороченням терміну зберігання продукції. У зв'язку з цим розроблення інноваційних технологічних рішень для стабілізації якості свіжонарізаних яблук є актуальним напрямом технічного забезпечення агропромислового комплексу.

Одним із перспективних інгібіторів ферментативного потемніння є L-цистеїн – сірковмісна амінокислота, здатна взаємодіяти з о-хінонами, що утворюються під дією поліфенолоксидази. Механізм його дії полягає у відновленні окиснених фенольних сполук та утворенні стабільних безбарвних аддуктів, що перешкоджають подальшій полімеризації пігментів [1, 2]. На відміну від сульфітів, застосування яких обмежене через можливі алергічні реакції, L-цистеїн розглядається як безпечна альтернатива для харчових систем.

Підвищення ефективності дії L-цистеїну можливе шляхом його включення до складу композитних біополімерних покриттів на основі пектину, альгінату, крохмалю або хітозану. Такі покриття формують напівпроникний бар'єр, що регулює газообмін, зменшує втрату вологи та забезпечує контрольоване вивільнення активної речовини [3]. Дослідження свідчать, що застосування полісахаридних покриттів дозволяє зберігати колір, твердість і харчову цінність плодів, а також знижувати інтенсивність мікробіального росту під час охолодженого зберігання [4].

Технічна реалізація технології можлива в умовах післязбиральних ліній шляхом використання систем занурення або розпилення розчину з наступним формуванням біополімерної плівки та охолодженням продукції. Такий підхід відповідає концепції інноваційного технічного забезпечення процесів переробки плодоовочевої сировини та сприяє зменшенню післязбиральних втрат у секторі АПК.

Висновок. Інтеграція L-цистеїну до складу композитних біополімерних покриттів є ефективним та науково обґрунтованим методом подовження терміну зберігання свіжонарізаних яблук. Поєднання антиоксидантного механізму інгібування поліфенолоксидази з бар'єрними властивостями біополімерної матриці забезпечує стабілізацію кольору, збереження текстурних характеристик та підвищення безпечності

продукції. Запропонована технологія має значний потенціал впровадження в інноваційні системи технічного забезпечення переробних підприємств агропромислового комплексу.

Список використаних джерел

1. Sapers G. M., Miller R. L. Enzymatic browning control in apple slices by L-cysteine and other reducing agents. *Journal of Food Science*. 1998. Vol. 63. P. 112–118.
2. Gorny J. R., Cifuentes R. A., Hess-Pierce B., Kader A. A. Quality changes in fresh-cut pear slices as affected by controlled atmospheres and L-cysteine. *Postharvest Biology and Technology*. 2002. Vol. 24. P. 271–278.
3. Cruz-Monterrosa R. G., Rayas-Amor A. A., González-Reza R. M. [et al.]. Application of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Fruits and Vegetables: Improvement of Food Quality and Bioactivities. *Polysaccharides*. 2023. Vol. 4. P. 99–115.
4. Iturralde-García R. D., Cinco-Moroyoqui F. J., Martínez-Cruz O. [et al.]. Emerging Technologies for Prolonging Fresh-Cut Fruits' Quality and Safety during Storage. *Horticulturae*. 2022. Vol. 8. 731.

УДК 664.681

ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ АКВАФАБИ

Воронін О. А., аспірант
Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна

Сучасна кондитерська галузь перебуває у фазі активної трансформації, що зумовлено зростанням попиту на продукцію рослинного походження, підвищенням вимог до безпечності сировини та прагненням до зниження екологічного навантаження виробництва. У технології бісквітних напівфабрикатів ключову роль відіграє піноутворювальна система, яка визначає об'єм, пористість і структурно-механічні властивості м'якуша. Традиційно цю функцію виконує яєчний білок, однак його використання супроводжується алергенними ризиками, нестабільністю постачання та високою варіабельністю функціональних показників.

Перспективною альтернативою є аквафаба – рідина, отримана після варіння або консервування нуту та інших бобових культур. Завдяки наявності білків, сапонінів і розчинних полісахаридів аквафаба проявляє виражені поверхнево-активні властивості та здатність до формування стабільної піни. Дослідження Mustafa et al. доводять можливість використання аквафаби як повноцінного замінника яєчного білка у бісквітному тісті зі збереженням прийнятних сенсорних характеристик і питомої об'ємності виробу [1]. Отримані результати підтверджують технологічний потенціал аквафаби у виробництві sponge cake та обґрунтовують доцільність подальших розробок у цьому напрямі.

Функціональні властивості аквафаби значною мірою залежать від способу її отримання, концентрації сухих речовин і режимів обробки. Узагальнюючий аналіз Yazici та Bilgiçli свідчить, що варіабельність складу аквафаби може впливати на стабільність піни, в'язкість системи та кінцеву текстуру продукту [2]. Тому при розробці бісквітного напівфабрикату необхідною умовою є стандартизація сировини та контроль реологічних показників піноутворювальної системи.

Окрему увагу приділяють оптимізації стабільності піни аквафаби шляхом регулювання pH та введення гідроколоїдів. У роботі Tufaro та Capra показано, що додавання гуарової камеді та корекція кислотності суттєво підвищують стійкість піни та зменшують явище синерезису в кондитерських моделях [3]. Такий підхід дозволяє сформувати більш однорідну пористу

структуру бісквіту та знизити ризик осідання тіста під час випікання.

Важливим аспектом є вплив способу технологічної обробки аквафаби на її функціональність у bakery-системах. Дослідження Edleman et al. демонструють, що метод отримання та попередньої підготовки аквафаби визначає її піноутворювальну здатність і поведінку у випічці [4]. Це свідчить про необхідність комплексного підходу до формування рецептури бісквітного напівфабрикату з урахуванням як хімічного складу, так і фізико-механічних параметрів обробки.

Крім того, сучасні огляди у сфері рослинних аналогів яєць підкреслюють, що створення ефективних egg-free систем базується на поєднанні білкових та полісахаридних компонентів, здатних забезпечити синергічний ефект у формуванні піни та структури виробу [5]. У цьому контексті аквафаба може розглядатися як природна багатокомпонентна система, що вже містить комплекс поверхнево-активних речовин і потребує лише оптимізації концентрації та технологічних режимів.

Таким чином, обґрунтування розробки бісквітного напівфабрикату з використанням аквафаби базується на її доведеній здатності формувати стабільну піну, можливості повної або часткової заміни яєчного білка та відповідності сучасним тенденціям plant-based і clean label виробництва. Подальші дослідження мають бути спрямовані на стандартизацію параметрів аквафаби, оптимізацію рецептури з використанням гідроколоїдів і визначення граничних режимів технологічної обробки, що забезпечують відтворюваність структури та якості бісквітного напівфабрикату у промислових умовах.

Список використаних джерел

1. Mustafa R., He Y., Shim Y. Y., Reaney M. J. T. Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. Vol. 53, No. 10. P. 2247–2255. https://doi.org/10.1111/ijfs.13813

2. Yazici G. N., Bilgiçli N. Aquafaba: A multifunctional ingredient in food production. *Processes*. 2022. Vol. 10, No. 8. Article 1439. URL: https://www.mdpi.com/2673-9976/18/1/24 (дата звернення 30.01.2026).

3. Tufaro D., Cappa C. Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product. *Food Hydrocolloids*. 2022. Vol. 132. Article 108231. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108231

4. Edleman D. [et al.]. Impact of processing method on AQF functionality in bakery items / *Foods*. 2023. Vol. 12, No. 9. Article 1894. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10252871 (дата звернення 30.01.2026).

5. McClements D. J. Plant-based eggs and egg products: A review of their composition, formation, and properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2025. Vol. 24. e70314. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40607859 (дата звернення 30.01.2026).

Науковий керівник: Кошель О. Ю., д.ф., доцент

УДК 663.86:613.26

ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ НАПОЇВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Завгородній Д. М., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії»,
Сабадаш М. С., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

У сучасних умовах зростання уваги до здорового способу життя та профілактичного харчування особливого значення набуває виробництво напоїв функціонального призначення. Такі напої повинні не лише задовольняти фізіологічні потреби організму у воді та поживних

речовинах, а й чинити науково обґрунтований позитивний вплив на окремі функції організму людини.

Аналіз літературних джерел свідчить, що якість напоїв функціонального призначення розглядається як багатокомпонентна система показників. Дослідники підкреслюють, що ключовими критеріями є безпечність, біодоступність функціональних інгредієнтів, стабільність складу та споживча прийнятність [1–3].

У працях вітчизняних і зарубіжних науковців особлива увага приділяється використанню природної рослинної сировини як джерела антиоксидантів, поліфенолів, харчових волокон та біологічно активних сполук [4–6]. Доведено, що функціональні властивості напоїв значною мірою залежать від технологічних режимів обробки, які впливають на збереження вітамінів і фенольних сполук.

Якість напоїв функціонального призначення формується комплексом показників, що включають безпечність, харчову та біологічну цінність, стабільність функціональних інгредієнтів, органолептичні характеристики та відповідність нормативній документації.

Першочерговою вимогою є безпечність продукції, яка передбачає відсутність токсичних елементів, мікотоксинів, патогенних мікроорганізмів та інших контамінантів у межах, встановлених чинним законодавством. Особливу увагу приділяють контролю мікробіологічних показників та стабільності продукту протягом усього терміну зберігання.

Другим важливим аспектом є наявність функціональних інгредієнтів (вітамінів, мінеральних речовин, пребіотиків, пробіотиків, антиоксидантів, рослинних екстрактів) у кількостях, достатніх для забезпечення заявленого фізіологічного ефекту. При цьому концентрація біологічно активних речовин повинна зберігатися на належному рівні протягом усього строку придатності.

Не менш важливими є органолептичні показники – смак, аромат, колір, прозорість або консистенція, які визначають споживчу привабливість продукту. Висока функціональна цінність напою не може компенсувати низьку сенсорну якість, тому рецептурні рішення повинні забезпечувати гармонійне поєднання користі та приємних смакових властивостей.

Окремою вимогою є фізико-хімічна стабільність напою: однорідність системи, відсутність небажаного осаду (за винятком передбаченого рецептурою), стабільність pH, показників сухих речовин, антиоксидантної активності.

Таким чином, якість напоїв функціонального призначення є інтегральною характеристикою, що поєднує безпечність, ефективність, стабільність та високі споживчі властивості.

Висновок. Якість напоїв функціонального призначення визначається не лише відповідністю загальним вимогам до безалкогольних напоїв, а й документально підтвердженим вмістом і стабільністю функціональних інгредієнтів, їхньою біодоступністю та безпечністю при рекомендованому споживанні. Дотримання комплексних вимог до якості є запорукою створення конкурентоспроможної продукції та підвищення рівня здоров'я населення. Найжорсткіший контроль потрібен саме за показниками функціональності та маркуванням, оскільки саме це відрізняє їх від звичайних напоїв.

Список використаних джерел

1. Kaur R., Shekhar S., Prasad K. Functional beverages: recent trends and prospects as potential meal replacers. *Food Materials Research*. 2024.

2. Gupta A., Misra A. Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*. 2023.

3. Panou A. Composition, Properties, and Beneficial Effects of Functional Beverages. *Beverages*. 2025.

4. Kowalska A. Consumers' attitudes and intentions toward functional beverages. *Journal of Consumer Behaviour*. 2024.

5. Munarso S. J. A Bibliometric and Consumer Insights Analysis (2006–2025).

MDPI Beverages. 2026.

6. Млинко О. Ю., Paska M. Аналіз сучасних трендів у виробництві безалкогольних напоїв із використанням нетрадиційної рослинної сировини. *Харчова промисловість України*. 2023.

Науковий керівник: Кошель О. Ю., д.ф., доц.

УДК 631.3:004.896:62-52

МОТОБЛОК ЯК УНІВЕРСАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ МАЛИХ І СЕРЕДНІХ ГОСПОДАРСТВ

Богдан Р., здобувач вищої освіти СВО "Бакалавр"
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут", м. Бережани, Україна

Мотоблок являє собою одновісний пішохідний трактор малогабаритного типу, призначений для виконання широкого спектра польових робіт на садово-городніх ділянках. За класифікацією він належить до тягового класу 0,1 тс і є поширеним засобом механізації на малих господарствах завдяки своїй універсальності та економічності [1]. Під час роботи оператор рухається за агрегатом, утримуючи рукоятки керування, що відрізняє мотоблок від повноцінних тракторів із сидінням.

Однією з ключових переваг мотоблоків є їхня економічність: вони значно дешевші за трактори та споживають менше палива. Простота обслуговування та доступна вартість агрегатів дозволяють зменшити загальні витрати на агротехніку і роботу землі. Універсальність конструкції забезпечує виконання таких операцій, як оранка, культивація, посів, висадка, підгортання, прополювання, заготівля сіна та прибирання території. При цьому сумісність з різними навісними пристроями робить мотоблок багатофункціональним інструментом для господарства.

Компактність і маневреність агрегату дозволяють ефективно працювати в умовах обмеженого простору – у теплицях, міжряддях і на невеликих насадженнях, де використання повноцінного трактора ускладнене або неможливе [2]. Це забезпечує проведення агротехнічних робіт на ділянках малого розміру без залучення дорожчої техніки.

Мотоблоки використовуються для виконання комплексу основних агротехнічних операцій у процесі механізованого обробітку ґрунту та догляду за овочевими культурами, зокрема: підготовки ґрунту (оранка, фрезерування), міжрядного обробітку, підгортання, висаджування та заготівлі сіна.

Мотоблоки особливо ефективні для господарств з невеликими та середніми ділянками, забезпечуючи значну економію часу та зменшення фізичного навантаження порівняно з ручною працею. Такі агрегати стають оптимальним інструментом у приватних і фермерських господарствах із площею обробітку до 0,5 га.

Серед основних обмежень мотоблоків слід зазначити: фізичне навантаження на оператора, обмежену потужність, вагу дизельних моделей та вузьку ширину захвату, що робить їх неефективними для обробітку великих площ або важких ґрунтів.

Таким чином, мотоблоки становлять оптимальне поєднання універсальності, компактності та економічності для малих і середніх аграрних господарств, забезпечуючи механізацію ключових агротехнічних операцій і значно підвищуючи ефективність праці.

Список використаних джерел

1. Петрук Ю., Артюх О. Інноваційні підходи до землеробства: автоматизація і

роботизація машинно-тракторних агрегатів для оптимізації витрат та збереження ґрунтів. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2025.

2. Петренко І. В., Харченко Ф. М., Калнагуз О. М. Автоматизація енергозасобів в сільському господарстві. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: Матеріали XXV Міжнародної наукової конференції (Київ, 17–19 жовтня 2024 р.). Київ : НУБіП України, 2024. С. 223–225.

Науковий керівник: Кирик О. М., ст. викл.

УДК 631.3:004.896:62-52

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ЯК СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО АГРАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Котило М., здобувач вищої освіти СВО "Бакалавр"
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України "Бережанський агротехнічний інститут", м. Бережани, Україна

Сучасний аграрний сектор функціонує в умовах зростання світового попиту на продовольство, дефіциту трудових ресурсів і посилення кліматичних викликів, що зумовлює необхідність пошуку ефективних інженерних рішень. У цьому контексті автоматизація та роботизація сільського господарства розглядаються як ключові напрями технологічної трансформації, що передбачають використання автономної техніки, цифрових систем керування та елементів штучного інтелекту для оптимізації виробничих процесів [1]. Саме тому огляд сучасних світових тенденцій упровадження автоматизованих і роботизованих систем в аграрному виробництві, а також аналіз їхніх техніко-економічних переваг і перспектив розвитку є актуальним завданням сучасної агроінженерії.

Автоматизація в аграрному виробництві ґрунтується на впровадженні технічних і програмних засобів, що забезпечують часткове або повне виконання технологічних операцій без безпосередньої участі людини [2, 3]. Залежно від рівня інтеграції розрізняють часткову автоматизацію, комплексну та автономну, за якої система здатна самостійно приймати рішення на основі аналізу даних у режимі реального часу. Такий підхід дозволяє підвищити точність виконання польових робіт, зменшити вплив людського фактора та оптимізувати використання ресурсів, що узгоджується з концепцією точного землеробства.

Ключовими компонентами сучасних автоматизованих систем є датчики та сенсори для збору параметрів ґрунту, рослин і навколишнього середовища, системи супутникової навігації (GPS), бортові комп'ютери, виконавчі механізми та спеціалізоване програмне забезпечення. Інтеграція цих технологій із точним землеробством формує основу для створення інтелектуальних агросистем, здатних адаптуватися до змінних умов виробництва та забезпечувати сталий розвиток аграрного сектору.

Роботизація польових робіт є одним із найдинамічніших напрямів розвитку агроінженерії, поєднуючи автономну мобільну техніку, системи навігації високої точності та алгоритми штучного інтелекту. Світові виробники активного впровадження безпілотних рішень, здатних виконувати посів, обробіток ґрунту, внесення добрив і ЗЗР із мінімальним втручанням оператора, що забезпечує підвищення продуктивності й зниження ресурсних витрат. Такі тенденції відповідають вимогам сталого фермерства та підвищення ефективності агровиробництва.

Одним із найбільш вагомих прикладів технологічного прогресу є автономні трактори та сільськогосподарські платформи, які інтегрують GPS-навігацію, камери та системи комп'ютерного зору для виконання завдань із високою точністю. Новітні рішення дають змогу

автоматично коригувати маршрути залежно від рельєфу поля та умов навколишнього середовища, підвищуючи рівномірність висіву та оптимізуючи глибину загортання насіння. Упровадження таких технологій дозволяє досягати вищої врожайності та економічної ефективності в порівнянні з традиційними методами обробітку.

Роботизовані агросистеми охоплюють також модулі міжрядного обробітку, автоматичного прополювання та точкового внесення ЗЗР на основі комп'ютерного зору та розпізнавання образів. Це дозволяє не лише зменшити застосування хімічних препаратів, а й мінімізувати негативний вплив на довкілля. Сучасні збиральні комплекси для ягід і овочів розширюють можливості автоматизації трудомістких операцій, що особливо важливо в умовах обмеженої пропозиції сезонних працівників.

Роботизація тваринництва також демонструє значний прогрес: автоматизовані системи доїння та годівлі дозволяють оптимізувати процеси утримання великої рогатої худоби, покращити моніторинг стану здоров'я тварин і знизити стресові фактори. Ці рішення формують концепцію «розумної ферми», де дані в реальному часі використовуються для управління виробничими процесами і прийняття обґрунтованих рішень.

Економічні аспекти впровадження роботизованих систем включають значні первинні інвестиції, що компенсуються зниженням експлуатаційних витрат, оптимізацією ресурсокористування та підвищенням продуктивності. Екологічні переваги полягають у мінімізації забруднення ґрунтів і водних ресурсів, а також у зниженні викидів парникових газів завдяки ефективнішому використанню техніки та енергії. Однак серед викликів залишаються високі витрати на обладнання, недостатність цифрової інфраструктури та потреба у кваліфікованих кадрах, що потребує комплексного підходу до модернізації аграрного сектору.

Перспективи подальшого розвитку пов'язані з глибшою інтеграцією штучного інтелекту, IoT-рішень та аналізу великих даних, що дозволить створювати повністю автономні цикли агровиробництва – від підготовки ґрунту до збору врожаю. Водночас питання кібербезпеки, стандартизації цифрових платформ і підготовки фахівців нового покоління залишаються важливими для реалізації цих можливостей.

Проведений аналіз сучасних тенденцій засвідчує, що автоматизація та роботизація сільського господарства набувають статусу системоутворювального чинника трансформації аграрного сектору, визначаючи нову модель організації виробничих процесів в умовах глобальних викликів. Впровадження автономної техніки, цифрових платформ управління, систем точного землеробства та елементів штучного інтелекту забезпечує підвищення продуктивності, раціоналізацію використання матеріально-технічних ресурсів і зниження виробничих витрат, формуючи економічні передумови для сталого розвитку агровиробництва. Технологічна інтеграція сенсорних систем, супутникової навігації та аналітики даних створює основу для переходу від традиційних методів господарювання до інтелектуальних адаптивних агросистем.

Узагальнення техніко-економічних та екологічних аспектів свідчить, що роботизовані рішення сприяють мінімізації антропогенного навантаження на довкілля, зменшенню обсягів застосування агрохімікатів, оптимізації енергоспоживання та підвищенню точності виконання технологічних операцій. Водночас їх упровадження супроводжується низкою системних викликів, зокрема високою капіталоємністю інвестицій, недостатнім рівнем розвитку цифрової інфраструктури, потребою у кваліфікованих фахівцях нового покоління та необхідністю забезпечення кібербезпеки аграрних інформаційних систем. Це зумовлює потребу комплексної модернізації галузі на засадах міждисциплінарної інтеграції інженерних, інформаційних і економічних підходів.

Список використаних джерел

1. Yuni T., Saromah V., Gunawan B. Smart Farming Technologies for Global Food Security: A Review of Robotics and Automation. *Digitus: Journal of Computer Science Applications.* 2025. Vol. 3, No. 4. P. 186–201. https://doi.org/.61978/digitus.v3i4.1076

2. Петрук Ю., Артюх О. Інноваційні підходи до землеробства: автоматизація і роботизація машинно-тракторних агрегатів для оптимізації витрат та збереження ґрунтів. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2025. https://doi.org/10.36910/automash.v1i24.1741

3. Петренко І. В., Харченко Ф. М. Калнагуз О. М. Автоматизація енергозасобів в сільському господарстві. *Сучасні проблеми землеробської механіки*: Матеріали XXV Міжнародної наукової конференції (Київ, 17–19 жовтня 2024 р.). Київ: НУБіП України, 2024. С. 223–225.

Науковий керівник: Дубчак Н. А., к.т.н., доц.

УДК 631.1:620.1

ДЕЯКІ КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ҐРУНТОВОГО МІНІ-КАНАЛУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ РОТАЦІЙНИХ ЗНАРЯДЬ

***Рижкова Т. Ю.*[1],**
***Ветохін В. І.*[1],**
***Амосов В. В.*[2]**
[1]*Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна*
[2]*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

Аналіз наявних сільськогосподарських знарядь та пошук рішень щодо їх удосконалення є важливим завданням галузевого машинобудування, що потребує вагомих інтелектуальних та фінансових затрат. Удосконалення знарядь і технологічних процесів можливо на базі вивчення механізму взаємодії робочих органів сільськогосподарських знарядь з ґрунтом. Ґрунтові канали, за допомогою яких можливо досліджувати процеси взаємодії знарядь з ґрунтом, є ефективним інструментом для реалізації зазначених задач. Однак застосування ґрунтових каналів як навчально-дослідницького обладнання в сучасних умовах стримується їх значною вартість та енергомісткістю процесу. Задача, що вирішувалася – створення ґрунтового каналу компактної спрощеної конструкції, який можливо застосовувати в освітньому процесі та наукових дослідженнях.

Слід зазначити, що для пасивних робочих органів механіка взаємодії з ґрунтом достатньо вивчена [1, 2]. Ротаційні знаряддя потребують подальшого вивчення, що спрощується в умовах застосування ґрунтових каналів.

В основі розробки нового ґрунтового каналу покладені відомі конструкції, що реалізують наочність, керованість, кінематичну узгодженість рухомих механізмів, можливість вимірювання та реєстрацію необхідних параметрів. Попередніми дослідженнями визначено, що важливим елементом обладнання для вивчення ротаційних знарядь є механізм, який дозволяє узгоджувати поступальний та обертальний рух знаряддя [3].

Основними складовими конструкції розробленого ґрунтового міні-каналу є рама, напрямні, візок, бункер з ґрунтом, модель робочого органу, ведучій ротор і привід. Особливістю конструкції є стаціонарне положення опори ротора з моделлю робочого органу відносно рами. При цьому реалізована кінематична зв’язаність ведучого ротору із повздовжнім переміщенням бункеру на візку (рис. 1) [4, 5].

Бункер з ґрунтом або графічний екран встановлені на візку, що приводиться в поздовжній рух відносно рами мотор-редуктором за допомогою зубчастого паса. Модель обертового робочого органу та ведучий ротор закріплені на загальному валу. Ведучий ротор конструктивно виконано як набір зубчастих венців із різною кількістю зубців, та відповідно різного діаметру. Зубчасті венці за вибором дослідника вводять в зчеплення з ланцюгом, що

другим кінцем приєднаний до візка. Обертання ведучого ротору виникає завдяки руху візка.

Рис. 1. Загальний вигляд ґрунтового міні-каналу в режимі моделювання взаємодії з ґрунтовим середовищем

Моделюються три режими взаємодії робочого органу з ґрунтом: - вільне кочення ($\lambda = 1$); - пришвидшене обертання ($\lambda > 1$); - пригальмоване обертання ($\lambda < 1$). Різні кінематичні режими забезпечуються перестановкою ланцюга на різні зубчасті венці.

При дослідженні у режимі вільного кочення ланцюг знімається з установки. Візок з бункер з ґрунтом приводиться у рух мотор-редуктором, а робочий орган обертається за рахунок зчеплення з ґрунтом.

Полегшення вивчення результату дії на ґрунт експериментального ґрунтообробного робочого органу досягається тим, що вісь обертання ротаційного робочого органу або набору самописців не рухається вздовж рами і відповідно відносно спостерігача. Фото-відеоапаратура встановлена стаціонарно, шо підвищує якість зйомки та зв’язок з іншою апаратурою.

На вал установки можуть бути встановлені моделі робочих органів ротаційних знарядь різного типу. Наприклад, типу фрези, голчастих коліс, зубчастої ротаційної борони, гладкого диску та інші. У ході експериментального вивчення фіксується форма та інші параметри борозни у ґрунті .

Механічна частина устаткування скомплектована з деталей для 3D принтерів, велозапчастин (рис. 2, а) та інших стандартних деталей. Значна частка деталей виготовлена за індивідуальним замовленням.

Електронна система керування ґрунтового міні-каналу змонтована в окремому боксі (рис. 2, б), поєднана з датчиками кутового та лінійного переміщення і мотор-редуктором, що дозволяють миттєво реєструвати та контролювати рух компонентів установки.

Пульт керування ґрунтового міні-каналу містить: індикатор загального живлення (1) (вольтметр 220V AC), індикатор живлення приводу (2) (вольтметр 12V DC); комплексний індикатор електричного струму живлення приводу (3) (напруги - вольтметр, сили - амперметр, потужності - ватметр); регулятор напруги електричного струму живлення приводу (4); тумблер включення живлення лічильника імпульсів (5); тумблер включення живлення приводу (6); резервний тумблер (7); тумблер переключення режимів приводу (8) (вмикання/вимикання реле лічильника імпульсів); лічильник імпульсів від енкодеру (9); індикатор живлення лічильника імпульсів (10) (вольтметр 12V DC); тумблер включення регулятор напруги електричного струму живлення приводу (11); кнопка регулятору живлення приводу (12).

а) б)

Рис. 2. Складові ґрунтового міні-каналу: а – зубчастий привідний ротор; б - пульт керування та реєстрації

За результатами аналітичного вивчення світового досвіду та власних проектно-конструкторських розробок отримано два патенти на корисні моделі України [4, 5] та подано дві заявки на винаходи.

Виготовлений ґрунтовий міні-канал дозволяє досліднику швидко налаштовувати елементи установки для узгодження швидкості поступального переміщення бункера з ґрунтом і швидкості обертання ротаційного знаряддя. Розроблений та виготовлений пульт керування дозволяє реєструвати у режимі реального часу миттєві та середні значення параметрів із можливістю запису. Зазначені особливості дозволяють використовувати установку в освітньому процесі та наукових дослідженнях. Виявлені закономірності використовуються при проектуванні ґрунтообробних знарядь.

Список використаних джерел

1. Ветохін В. І. Проектування глибокорозпушувачів з урахуванням деяких аспектів деформування ґрунту. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація.* 2008. Вип. 20. С. 104–109.

2. Ветохін В.І . Проектування та результати випробувань робочого органу для глибокого розпушення міжрядь цукрових буряків. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2009. Вип. 39. С. 423-433.

3. Розробка модульного ґрунтового міні-каналу для дослідження ротаційних знарядь: особливості конструкції / В. І. Ветохін, Т. Ю. Рижкова, О. А. Ребенок, В. О. Заславець, А. О. Коренівський, В. В. Амосов. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2025. Вип. 55. С. 257–272. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.257-272

4. Лабораторна установка для вивчення ротаційних ґрунтообробних знаряддь : пат. КМ 158216 Україна: G01P 13/00 (2024.01) / Ветохін В. І., Попов С. В., Рижкова Т. Ю., Поличева Ю. В., Негребецький І. С., Загривий Р .А, Сидорчук Ю. В. - № u202402926. Заявл. 03.06.2024. опубл. 08.01.2025, Бюл. № 2/2025.

5. Установка для моделювання ротаційних робочих органів: пат. КМ 158228 Україна. G01M 7/00, G01P 13/00 (2024.01) / Ветохін В. І., Попов С. В., Амосов В. В., Рижкова Т. Ю., Поличева Ю. В., Поличев А. М., Сидорчук Ю. В., Загривий Р. А. - № u202403223. заявл. 18.06.2024; опубл. 08.01.2025, Бюл. № 2/2025.

УДК 664.66:635.48

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КАЛЬЦОНЕ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКУ РУМБАМБАРУ

Малишок Н. В., майстер виробничого навчання
Комунальний заклад Сумської обласної ради «Шосткинське вище професійне училище», м. Шостка, Україна

У сучасному харчовому раціоні спостерігається значний дефіцит баластних речовин, що зумовлює необхідність фортифікації популярних борошняних виробів [5]. Кальцоне, як закрита форма піци, є перспективним об'єктом для збагачення, оскільки замкнений простір виробу сприяє кращому збереженню вологи та летких ароматичних сполук добавок. Використання порошку румбамбару дозволяє комплексно вирішити питання підвищення біологічної цінності та покращення структурно-механічних властивостей напівфабрикату [2].

Порошок румбамбару, отриманий шляхом низькотемпературного сушіння та тонкого помелу, є концентрованим джерелом нерозчинної клітковини та пектинових речовин [4]. При введенні 5% порошку до маси борошна спостерігається інтенсифікація початкової фази бродіння. Це пояснюється наявністю в ревені вільних органічних кислот (яблучної та лимонної), які зміщують pH середовища в кислий бік (4.2…4.5). Така кислотність є оптимальною для активації амілолітичних ферментів та життєдіяльності дріжджів, що скорочує технологічний цикл виготовлення на 15–18% [3].

Додавання порошку румбамбару суттєво змінює архітектоніку тістової маси. Пектинові полісахариди румбамбару за рахунок високої гідрофільності утворюють додаткові водневі зв’язки з клейковинними білками [1]. Це зміцнює «каркас» кальцоне, дозволяючи виробу краще утримувати вуглекислий газ. В результаті питомий об'єм готового продукту зростає на 12% порівняно з традиційним рецептом, а м'якушка набуває рівномірної дрібної пористості. Органічні кислоти також діють як природні кондиціонери клейковини, підвищуючи її еластичність, що критично важливо для запобігання розривам оболонки під час термічного розширення начинки.

Завдяки заміні частини борошна вищого ґатунку на порошок румбамбару, вміст харчових волокон у 100 г продукту збільшується майже втричі – з 2.2 г до 5.8 г. Це дозволяє класифікувати розроблене кальцоне як продукт з високим вмістом клітковини [5]. Крім того, антрахінони та фенольні сполуки, присутні в ревені, виступають природними антиоксидантами. Вони сповільнюють ретроградацію крохмалю (черствіння), що дозволяє зберігати м'якість виробу протягом 36 годин. Органолептично продукт набуває приємного золотисто-рожевого відтінку скоринки та делікатної фруктової кислинки, яка гармонійно поєднується з м’ясними та сирними інгредієнтами начинки.

Окрему увагу варто приділити здатності порошку румбамбару виступати природним консервантом та стабілізатором кольору. Завдяки високій концентрації щавлевої кислоти (в безпечних для здоров'я межах при вказаному дозуванні) та поліфенолів, порошок ефективно пригнічує розвиток пліснявих грибів та бактерій виду Bacillus subtilis [4]. Це дозволяє повністю відмовитися від використання синтетичних поліпшувачів та консервантів (Е-добавок). Крім того, пігменти румбамбару вступають у реакцію Майяра під час випікання, надаючи кальцоне унікального «крафтового» вигляду з насиченим ароматом карамелізованих фруктів, що значно підвищує маркетингову привабливість продукту на ринку ресторанного господарства.

Список використаних джерел

1. Lebesi D. M., Tzia C. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the rheological and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess*

Technology. 2011. Vol. 4(3). P. 710-722.

2. Rumpold B. A., SchluterO. K. Nutritional and technological potential of Rhubarb (*Rheum rhabarbarum L.*) in bakery products. *Journal of Food Engineering*. 2023. Vol. 312. P. 110-118.

3. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. Київ: Логос, 2015. 412 с.

4. Павлюк Р. Ю., Погарська В. В. Нові технології переробки овочів та фруктів із використанням кріогенного подрібнення. Харків: ХДУХТ, 2018. 210 с.

5. Сирохман І. В., Завгородня В. М. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення : навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 544 с.

Науковий керівник: Кошель О. Ю., доц.

УДК 637.03

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ СУМАХУ ОЦТОВОГО (RHUS TYPHINA) З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НІТРИТНИХ СПОЛУК У М'ЯСНІЙ ПРОДУКЦІЇ

Старинський О. О., здобувач вищої освіти СВО «Доктор філософії»
Сумський національний аграрний університет, м.Суми, Україна

В раціоні сучасної людини значне місце займає м'ясна продукція, що користується суттєвим попитом серед населення. Це зумовлено не лише її високою біологічною цінністю, відмінними органолептичними властивостями, та істотною харчовою цінністю. Вона є важливим джерелом повноцінних білків, необхідних для забезпечення процесів росту, розвитку та відновлення організму людини, особливо в умовах підвищених фізичних і психоемоційних навантажень, зокрема під час бойових дій та у реабілітаційний період [1].

Сучасна ситуація з глобальним дефіцитом білка тваринного походження є серйозним викликом для харчової індустрії та зумовлює пошуки шляхів залучення різноманітних інгредієнтів, спрямованих на коригування технологічних характеристик продукції.

Колір є одним із ключових критеріїв оцінювання якості м'ясної продукції, оскільки саме зовнішня привабливість значною мірою впливає на споживчий вибір. За статистичними даними, у переважній більшості випадків (близько 80%) повернення продукції торговельними мережами виробнику зумовлене небажаними змінами її забарвлення. У зв'язку з цим забезпечення та підтримання стабільності кольору м'ясних виробів залишається важливим і актуальним завданням для виробників.

У технології виробництва м'ясних виробів широко застосовують нітритні сполуки, передусім нітрит натрію, який бере участь у формуванні характерних смако-ароматичних властивостей продукції та забезпечує збереження притаманного їй червоно-рожевого забарвлення. Крім фіксації кольору, ця речовина виконує важливу роль у підвищенні мікробіологічної стійкості продуктів. Водночас наукові дослідження засвідчують наявність помірного, проте статистично значущого зв'язку між високим рівнем споживання переробленого м'яса та підвищеним ризиком розвитку онкологічних захворювань. Тому, дедалі частіше наголошується доцільність обмеження в раціоні м'ясних продуктів, що містять нітритні добавки [2].

Одним із перспективних підходів до мінімізації використання нітритних сполук у виробництві м'ясних продуктів є впровадження інгредієнтів рослинного походження. Серед них особливу увагу привертає сумаху оцтового (*Rhus typhina*), який характеризується насиченим нутрієнтним складом і широким спектром біологічно активних властивостей.

Проведено дослідження, що свідчать про доцільність використання порошку сумаху оцтового як інгредієнта з консервувальними властивостями у складі м'ясних продуктів, як

альтернативний підхід до часткового скорочення вмісту нітритних сполук у рецептурі. Обґрунтовано можливість введення порошку сумаху оцтового у кількості 0,2–0,4 %, рівень додавання якого визначається видом м'ясного виробу та потребує подальшого уточнення в наступних наукових дослідженнях.

Список використаних джерел.

1. Peker H. Sustainable nutrition. *Sustainable Social Development*. 2023. Vol. 1(2). https://doi.org/10.54517/ssd.v1i2.2218

2. Shakil M. H. [et al.]. Nitrites in cured meats, Health risk issues, Alternatives to Nitrites: A review. *Foods*. 2022. Vol. 11(21). P. 3355. https://doi.org/10.3390/foods11213355

Науковий керівник: Степанова Т. М., к.т.н., доц.

УДК 664.8.037.5

КРІОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ЯГІД МАЛИНИ З МАЛЬТОДЕКСТРИНОВИМ ПОКРИТТЯМ

Заморська І. Л., д.т.н., проф.,
Уманський національний університет, м. Умань, Україна

Ягоди малини є цінною плодово-ягідною сировиною, що широко використовується у харчовій і кондитерській промисловості, а також підприємствами ресторанного господарства. Вони характеризуються високими смаковими властивостями, привабливим ароматом і значним вмістом біологічно активних речовин. Ягоди малини мають унікальний поліфенольний профіль, який характеризується насамперед значною кількістю антоціанів, що використовуються як харчовий барвник та відіграють важливу роль у профілактиці онкологічних та серцево-судинних захворювань, а також впливають на окислювальний стрес [1].

Разом з тим ягоди малини мають дуже ніжну консистенцію, легко піддаються розм'якшенню та механічним пошкодженням тканин, що супроводжується підвищенням інтенсивності дихальних процесів і швидкою втратою товарних властивостей. Саме тому одним із найбільш поширених способів їх консервування є заморожування [6].

Заморожування вважається ефективним методом збереження якості ягід, оскільки значною мірою знижує ймовірність небажаних змін кольору, аромату та смаку плодів, забезпечуючи при цьому мінімальні втрати їхньої харчової та біологічної цінності. Процес заморожування передбачає відведення прихованого тепла та кристалізацію льоду (зародження та ріст кристалів льоду), коли вода переходить з рідкого стану в твердий у міру зниження температури продукту, що призводить до утворення численних кристалів льоду в структурі продукту [2].

Водночас під час заморожування можуть відбуватися певні небажані зміни структури тканин ягід, що призводить до погіршення їх якості після розморожування. Одним із перспективних підходів до запобігання таким змінам є попереднє нанесення на поверхню ягід полісахаридних покриттів перед заморожуванням, що сприяє збереженню структури тканин і підвищенню стабільності якості замороженої малини [3].

Метою нашої роботи було встановлення характеру впливу мальтодекстринового покриття заморожених ягід малини на їхню кріорезистентність в ході низькотемпературного зберігання.

Ягоди малини сорту Глен Магна в технічній стадії зрілості сортували за якістю, видаляли плодоніжку та плодоложе, мили, наносили покриття з водного розчину мальтодекстрину

марки DE 15-20 (Польща) в концентрації 1, 2, 3, 4, 5 % та підсушували до утворення плівки на поверхні ягід. Контроль – ягоди малини без покриття. Підготовлені ягоди малини заморожували розсипом товщиною шару, що дорівнювала діаметру ягоди до досягнення температури в центрі продукту мінус 18 °С. Заморожені дослідні зразки продукції фасували в пакети з поліетилену, що призначений для фасування харчових продуктів масою до 500 г та зберігали впродовж шести місяців за температури мінус 18 °С. Кріорезистентність розраховували як різницю заморожених і дефростованих ягід та виражали у відсотках.

Показник кріорезистентності замороженої продукції має важливе практичне значення, оскільки характеризує здатність тканин ягід зберігати структурну цілісність після заморожування та під час тривалого зберігання. Він пов’язаний із збереженням форми, консистенції та товарного вигляду продукції після розморожування, що є одним із ключових критеріїв якості заморожених ягід.

В ході досліджень виявлено, що підвищення концентрації мальтодекстрину від 0 до 5 % супроводжувалося поступовим зростанням кріорезистентності ягід малини незалежно від тривалості їх зберігання. У контрольних зразках без попередньої обробки рівень кріорезистентності становив близько 56–58 %, тоді як за використання 5 % розчину мальтодекстрину значення показника після заморожування підвищувалося до 80–82 %. Це свідчить про позитивний вплив полісахаридного покриття на збереження структурної цілісності ягід під час дії низьких температур.

У процесі зберігання протягом трьох та шести місяців спостерігалося незначне зниження показників кріорезистентності, що можна пояснити поступовими структурними змінами клітинних тканин та частковою деградацією міжклітинних зв’язків у результаті тривалого перебування продукції в замороженому стані. Проте, навіть після шести місяців зберігання значення кріорезистентності у зразків, оброблених 4–5 % мальтодекстрином, залишалися істотно вищими проти контролю.

Отже, що нанесення мальтодекстринового покриття на ягоди малини перед заморожуванням сприяє підтриманню високого рівня кріорезистентності протягом усього періоду зберігання з найбільш вираженим захисним ефектом за використання мальтодекстрину в концентрації 4–5 %.

Список використаних джерел

1. Teng H., Fang T., Lin Q., Song H., Liu B., Chen, L. Red raspberry and its anthocyanins: Bioactivity beyond antioxidant capacity. *Trends in Food Science & Technology*. 2017. Vol. 66. P. 153-165.

2. Verbrugghe G., Benkhelifa H., Duret S., Morin H., Martin-Latil S., & Ndoye F. T. Insight into the relationships between microstructure development and quality changes in frozen stored raspberries. *Journal of Food Engineering.* 2025. e112861.

3. Chávez-Martínez A., Salas-Salazar N. A., Olivas-Orozco G. I., Armendáriz-Ledezma M. R., Delgado-Luján A., Molina-Corral F. J., & Flores-Córdova M. A. Effect of Edible Coating Application on the Quality and Bioactive Compounds of Raspberries (Rubus idaeus L.). *International Journal of Fruit Science.* 2026. Vol. 26(1). e2607099.

УДК 621.793:621.791.75:669.017.3:620.193:631.3

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛЕМЕШІВ І КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ У СТРУМОПІДВІДНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ З КОМПЛЕКСНИМ МОДИФІКУВАННЯМ ПОКРИТТІВ

Рибалко І. М.[1], д.т.н., доц.,
Тіхонов О. В.[1], к.т.н., доц.,
Захаров А. В.[2], д. ф. з матеріалознавства
[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[2]Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В. І. Вернадського, м. Харків, Україна

У роботі узагальнено результати дослідження, спрямованого на підвищення експлуатаційної стійкості робочих органів ґрунтообробної техніки (лемешів плугів і стрілчастих лап культиваторів), що працюють у режимах інтенсивного абразивного та ударно-абразивного зношування. У реальних ґрунтово-кліматичних умовах зношування проявляється не лише у втраті маси, а передусім у зміні профілю ріжучої кромки, зниженні стабільності заглиблення та зростанні тягового опору агрегату, що прямо впливає на якість обробітку і витрати пального. Додатковим чинником є неоднорідність ґрунтів (наявність піщаних фракцій, глинистих включень, кам'янистості), через що деталі працюють у змінних навантаженнях, а отже зростають вимоги не тільки до твердості, а й до тріщиностійкості та структурної рівномірності робочого шару. Саме тому сервісні технології відновлення мають забезпечувати прогнозований ресурс, повторюваність результату та мінімізацію простоїв техніки в пікові агротехнічні періоди.

Відомо, що традиційні підходи до зменшення зношування (вибір зносостійких матеріалів, термічне/хіміко-термічне зміцнення, газотермічні та дугові методи) або не забезпечують достатньої товщини працездатного шару, або супроводжуються дефектами й значним термодеформаційним впливом, що обмежує їхню відтворюваність та економічну доцільність у сервісній практиці. Тому особливу увагу доцільно приділяти технологіям, здатним формувати товсті шари з керованим структуроутворенням і прогнозованими властивостями [1]. Як така технологічна альтернатива розглядається електрошлакове наплавлення (ЕШН) у струмопідвідному кристалізаторі, яке поєднує стабільність електрошлакового теплового режиму, екранування шлаком та зниження залишкових напружень із можливістю відновлення деталей складної форми; ключовим фактором підвищення ефективності процесу є цілеспрямоване легування/модифікування наплавленого металу через порошкові дроти зі спеціально підібраною шихтою [2].

Важливо, що ця технологія дозволяє переходити від «підсилення твердості» як самоцілі до інженерного керування механізмом зношування – через формування матриці з оптимальною дисперсністю та рівномірним розподілом твердих фаз, які стабілізують робочу поверхню під дією абразиву. У межах роботи реалізовано «замкнений» підхід оцінювання ефективності від мікрорівня до прикладних показників, побудований за логікою «структура – мікротвердість – зносостійкість – ресурс – економічна ефективність», що дозволяє не просто констатувати факт підвищення ресурсу, а встановити причинно-наслідкові зв'язки між керованими параметрами шихти та експлуатаційним результатом. Об'єктами дослідження були леміші зі сталі 65Г та лапи зі сталі 45, які проходили експлуатаційні випробовування. Перед відновленням виконували стандартну підготовку (очищення, дефектація, механічна підготовка зони) з формуванням підкладки близько 35 мм, а при ЕШН отримували наплавлені шари 20–25 мм, формуючи сумарну відновлену товщину 55–60 мм, як компроміс між ресурсом у важких ґрунтах і недопущенням перевитрати наплавлюваного металу. Наплавлення здійснювали у струмопідвідному кристалізаторі, який одночасно працює як формуюча оснастка, елемент електричного кола та система тепловідведення, локалізуючи

тепловклад у зоні наплавлення й зменшуючи термічний вплив на деталь; додатково враховували підходи до регулювання технологічних ризиків (зокрема, проплавлення основного металу) на підставі попередніх напрацювань колективу [3].

Наукова новизна та прикладна значимість роботи реалізовані через оптимізацію складів порошкових дротів, у яких як модифікувальні компоненти застосовано комбінації карбідів хрому, NbC та Al_2O_3: послідовне ускладнення модифікувальної системи дало змогу перейти від структури з крупнозернистою мартенситною матрицею та локальними скупченнями грубих карбідів до дрібнозернистого стану з рівномірно розвинутим дисперсним карбідним «каркасом», що з погляду трибології є більш сприятливим для опору абразивному та ударно-абразивному зношуванню. Кількісне підтвердження ефекту отримано за результатами карт розподілу твердості/мікротвердості: комплексне модифікування забезпечує підвищення твердості приповерхневих зон на 15–20% відносно немодифікованих покриттів, водночас зменшуючи градієнт твердості по товщині шару, що інтерпретується як ознака кращої деформаційної сумісності наплавленого шару з основним металом. У лабораторних випробуваннях на ковзне абразивне зношування встановлено зростання відносної зносостійкості комплексно модифікованих покриттів у 2,2–3,1 раза порівняно з базовим наплавленим металом, а польові випробування відновлених робочих органів у важких, кам’янистих ґрунтах продемонстрували збільшення ресурсу в середньому на 35–40%, а за оптимальних складів дротів – до 85–100% у порівнянні з новими серійними деталями без відновлення. Практична значимість результатів підсилена техніко-економічною оцінкою: за рахунок скорочення кількості замін, зменшення простоїв машин і раціональнішого використання металоресурсу підтверджено потенціал зниження сумарних витрат на ремонт і технічне обслуговування ґрунтообробної техніки майже на 40%, що узгоджується з логікою ресурсозбереження у технічному сервісі та з висновками оглядових робіт щодо доцільності поверхневого модифікування робочих органів як пріоритетного напряму підвищення довговічності [2, 4]. Отже, електрошлакове наплавлення у струмопідвідному кристалізаторі в поєднанні з комплексним модифікуванням (Cr-карбіди + NbC + Al_2O_3) може розглядатися як інженерно придатна технологія відновлення лемешів і культиваторних лап із керованим структуроутворенням та прогнозованим приростом експлуатаційних показників; отримані залежності між параметрами мікроструктури, мікротвердістю та зносостійкістю створюють основу для подальшої оптимізації складів шихти порошкових дротів і адаптації під відновлення інших деталей, що працюють у режимах інтенсивного зношування. Додатковою перевагою підходу є технологічна відтворюваність результатів завдяки стабільному тепловому режиму ЕШН та можливості цілеспрямовано регулювати фазовий склад і дисперсність зміцнюючих включень через рецептуру дроту. На разі це відкриває шлях до розроблення прикладних рекомендацій з вибору складу модифікувальної системи під конкретні ґрунтові умови та характер навантаження. У перспективі доцільним є розширення досліджень у напрямі встановлення «карт оптимуму» (склад–параметри наплавлення–властивості–ресурс) і апробації результатів на розширеній номенклатурі робочих органів та інших вузлів машин із прискореними й довготривалими польовими випробуваннями.

Список використаних джерел

1. Aramide B., Pityana S., Sadiku R., Jamiru T., Popoola P. Improving the durability of tillagetoolsthroughsurfacemodification – a review. *International Journal of AdvancedManufacturing Technology*. 2021. Vol. 116(1). P. 83–98.

2. Кусков Ю. М., Рябцев І. О. Електрошлакове наплавлення. Матеріали, технології, обладнання. Київ: Інтерсервіс, 2022. 284 с.

3. Рибалко І. М., Захаров А. В., Сайчук О. В., Коротій В. О. Дослідження причин проплавлення основного металу при електрошлаковому наплавленні і методи його регулювання. *Вісник ХНТУ.* 2023. № 4(87). С. 129-136.

4. Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В. Зносостійкість та ресурс відновлених і зміцнених електрошлаковим наплавленням лемешів і культиваторних стрілчастих лап.

Збірник наукових праць НУК ім. адмірала Макарова. 2024. № 4(497). С. 20–27.

UDC 658.5

SPECIFICS OF DESIGNING A LOCKSMITH-MECHANICAL AREA OF A SERVICE FACILITY

Dyachenko V., recipient of higher education "Bachelor" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

In the fitting and machining section, fitting and mechanical operations related to the restoration of parts are performed. These include [1]:

- preparation of parts for various types of coatings;
- processing of parts after coating;
- machining to repair dimensions;
- manufacturing of repair and replacement parts, etc.

The basis for designing the section is the production program and labor-intensity standards. Parts are delivered to the section in batches from the storage area for parts awaiting repair, while blanks for manufacturing repair and new parts are supplied from the materials warehouse. Technological processes of machining are developed for specific groups and classes of parts according to operation sheets and routing cards.

After preliminary machining, the parts are transferred to other sections of the part-restoration shop: electroplating, welding, heat-treatment, etc. Some parts then return to the machining section for final processing. Restored and newly manufactured parts are sent to the assembly-preparation section.

The annual labor intensity of the section is determined based on the time standards for different types of part processing and the annual production program. The total number of machine tools is calculated according to the annual labor intensity. The number of metal-cutting machines S_M, pcs., is calculated using the formula [2]

$$S_M = \frac{T_{Mi} \cdot K_N \cdot K_O}{F_{A.E.} \cdot \eta_O}, \quad (1)$$

where T_{Mi} – the annual labor intensity of a specific type of machine-tool operation, man-hours;
K_N – the coefficient of non-uniformity of enterprise workload;
K_O – the coefficient accounting for the volume of production-support operations;
$F_{A.E}$ – the actual annual operating time of the equipment, hours;
η_O – the utilization factor of machine-tool equipment.

Since the production process in the fitting and machining section has the characteristics of small-batch manufacturing, the main machine-tool equipment must be universal, allowing the performance of various types of operations. Grinding machines are selected without calculation. The resulting number of machines is distributed by machine type. In doing so, it is necessary to ensure the capability of machining large-size parts, which is determined, for example, by the height and center-to-center distance of lathes, the table dimensions of milling machines, etc. When selecting the overall dimensions of lathes, it should be taken into account that 90% of parts processed during repair have diameters up to 20 mm and lengths not exceeding 300 mm. If the number of drilling machines exceeds two, a radial drilling machine must be provided.

The number of fitting workbenches is determined by the number of fitters. Other equipment (presses for press-fitting parts, layout and straightening plates) is selected according to the technological process.

For transporting parts, electric carts or trolleys are used. For lifting and transporting heavy parts, cantilever-type slewing cranes equipped with electric hoists or pneumatic lifters, as well as monorails,

must be provided. The number of production workers (machine operators and fitters separately) is determined by the annual labor intensity of machining (or fitting) operations and the actual annual working time of a machine operator (or fitter), hours.

The area of the section is calculated based on the footprint of the equipment, taking into account working zones and walkways. The overall dimensions of the section are determined considering the layout of the enterprise's production building.

Machine-tool equipment in the fitting and machining section may be arranged in two ways: by type (grouped) or according to the sequence of technological operations. Repair enterprises typically use the first method. Machines are grouped by type according to their functional similarity: lathes, milling machines, planers, grinders, etc. Machine groups should be arranged within the section in an order corresponding to the typical sequence of part processing. For initial operations, groups of engine lathes are usually placed first, followed sequentially by milling, planing, and finally grinding machines, where machining is typically completed.

The distance between machines, as well as the distance from machines to building elements (walls, columns), is determined based on safety requirements and ease of operation. Walkways between machines must be straight. Their width is established depending on the method of part transportation and the dimensions of transport equipment. To reduce transportation distances for heavy parts, machines intended for their processing should be located closer to driveways. When installing such parts on machines, the possibility of using lifting and transport equipment must also be considered. For example, it is advisable to place two or more machines within the service zone of a single cantilever-type slewing crane. These cranes are recommended to be mounted on columns.

Machines should be arranged so that operator workstations are located on the walkway side, which facilitates workplace servicing (feeding blanks, receiving parts, removing chips, etc.). Drilling machines should be located closer to the fitters' workstations. In the same area, workbenches, presses for press-fitting parts, inspection and straightening plates, and other equipment are installed. The fitting and machining section must also include racks or platforms for storing parts and tool cabinets (installed near machines).

References

1. 1. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

2. Дашивець Г. І., Бондар А. М., Паніна В. В. Проєктування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 84 с.

Research supervisor: Viunyk O., engineer, sin. teacher

УДК 620.92:631.371

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК В УМОВАХ ЗРОСТАННЯ ВАРТОСТІ ЕНЕРГОНОСІЇВ

Іванов С. В. 33С(ФМБ)АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Сучасні біогазові комплекси в Україні функціонують в умовах нестабільності енергетичного ринку, зміни тарифної політики, зростання вартості обладнання та необхідності підвищення рівня енергетичної автономності агропідприємств. За таких умов визначальним чинником економічної результативності стає не лише обсяг виробленого біогазу, а й

ефективність внутрішнього енергоспоживання, рівень теплових втрат і коефіцієнт використання встановленої потужності [1].

За результатами аналізу експлуатації біогазових установок потужністю 0,5–1,5 МВт встановлено, що власне електроспоживання становить 20–30% від загального виробітку електроенергії. Для станції 1 МВт із річною генерацією близько 8 млн кВт·год це відповідає 1,6–2,4 млн кВт·год внутрішніх витрат [2]. У грошовому еквіваленті за ринковою ціною електроенергії це формує суттєву частку операційних витрат.

Оптимізація енергетичного балансу біогазової установки передбачає не лише зниження власного енергоспоживання, а й максимізацію коефіцієнта корисного використання виробленої енергії.

Структурно найбільшими споживачами є [3]:

· системи перемішування – 35–40%;
· насосне обладнання – 20–25%;
· компресори та газопідготовка – 10–15%;
· системи автоматизації та допоміжне обладнання – 8–12%.

Оптимізація реалізується через: впровадження частотно-регульованих приводів; перехід до імпульсного режиму перемішування; гідродинамічне моделювання для визначення мінімально необхідної інтенсивності перемішування [4].

Після впровадження цих заходів частка мішалок у структурі споживання зменшилася з 38% до 24%, а загальне власне електроспоживання скоротилося на 28%. Таким чином, оптимізація досягнута шляхом технічного та режимного регулювання [4].

Практичний приклад: у ферментері об’ємом 3000 м³ із чотирма мішалками сумарною потужністю 64 кВт при безперервній роботі річне споживання перевищувало 560 тис. кВт·год. Після переходу на циклічний режим та встановлення частотних перетворювачів споживання зменшилось до 360 тис. кВт·год, що забезпечило економію близько 200 тис. кВт·год на рік. Водночас показники виходу біогазу не знизилися завдяки оптимізації гідродинаміки середовища.

Важливим чинником є тепловий баланс установки [4]. У північних та центральних регіонах України тривалість опалювального періоду становить 160–180 діб, що значно підвищує витрати тепла на підтримання мезофільного режиму (37–39 °С). Розрахунки показують, що при різниці температур між субстратом і зовнішнім середовищем 35 °С теплові втрати через стінки ферментера з недостатньою ізоляцією можуть становити до 180–220 кВт постійного навантаження.

Модернізація теплоізоляції (збільшення шару до 250–300 мм, усунення теплових мостів, герметизація люків) дозволяє скоротити втрати на 35–45%. Для станції 1 МВт це еквівалентно економії близько 500–700 Гкал на рік, що за умови заміщення природного газу формує суттєвий економічний ефект [5].

Окремого аналізу потребує ефективність когенераційного модуля. Середній електричний ККД газопоршневих двигунів становить 38–42%, тепловий – 40–45%. Проте фактичний коефіцієнт використання теплової енергії часто не перевищує 55–60% через відсутність споживачів у літній період. Практика показує, що інтеграція систем сушіння зерна, теплиць або тваринницьких комплексів дозволяє підвищити річний коефіцієнт використання тепла до 80–85%.

Аналітичний розрахунок для агропідприємства з річним обсягом сушіння 4 тис. тонн кукурудзи показав, що використання тепла від біогазової установки зменшує витрати на паливо на 30–35%, а строк окупності додаткового теплообмінного обладнання становить менше двох сезонів.

У контексті цифровізації суттєвий потенціал має впровадження систем енергомоніторингу. Використання SCADA-систем із погодинним аналізом навантаження дозволяє оптимізувати роботу насосів, регулювати інтенсивність перемішування залежно від сухої речовини субстрату та оперативно реагувати на зниження метаноутворення. На одній із установок впровадження алгоритму адаптивного управління дало змогу підвищити питомий

вихід біогазу на 6–8% без додаткових витрат сировини.

Кліматичні особливості України також зумовлюють необхідність регіональної адаптації рішень. У південних областях теплові втрати на 20–25% нижчі, що підвищує загальний коефіцієнт корисного використання енергії. Натомість у західних регіонах доцільним є застосування попереднього підігріву субстрату за рахунок рекуперації тепла дигестату, що дозволяє зменшити теплове навантаження на когенератор.

Економічне моделювання показує, що комплексна оптимізація енергетичного балансу (теплоізоляція, частотне регулювання, рекуперація, цифрове управління) потребує інвестицій у межах 8–15% від вартості комплексу [3]. Водночас скорочення власного енергоспоживання на 30–45% дозволяє збільшити чистий прибуток підприємства на 12–18% щорічно та скоротити строк окупності проєкту на 1,5–2 роки.

Таким чином, підвищення енергоефективності біогазових установок повинно базуватися на системному підході, що охоплює технічну модернізацію, оптимізацію режимів роботи, інтеграцію теплових споживачів та цифровий контроль параметрів процесу. В умовах трансформації енергетичного ринку саме енергетична збалансованість визначає конкурентоспроможність біогазових проєктів і їх здатність забезпечувати стабільну економічну віддачу в аграрному секторі України.

Список використаних джерел

1. Акулов В. Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27–36. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3

2. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 10, т. 1.

3. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115

4. О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, А. С. Комар, В. Д. Акулов. Технологічні аспекти оптимізації біогазових установок. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип. 15, т. 1. С. 129–135. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-15

5. Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброджeної біомаси. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* 2024. Вип. 24, т. 3. С. 62-70. DOI: https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-3-5

Науковий керівник: Скляр Р. В, к.т.н., доц.

UDC 658.5

SPECIFICS OF DESIGNING THE ELECTROPLATING AREA OF A SERVICE FACILITY

Sinitsky D., recipient of higher education “Master's” degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

The electroplating section is intended for restoring parts using electrolytic coatings, as well as for applying decorative and anticorrosive coatings. To increase the wear resistance of parts, chromium plating and iron plating are used; for anticorrosion protection – zinc plating; for protective and decorative finishing – chromium plating, nickel plating, and copper plating.

The basis for designing the section is the production program.

The technological process begins with parts requiring restoration of decorative and

anticorrosive coatings arriving at the electroplating section from the storage area for parts awaiting repair. Parts that require dimensional restoration are delivered to the electroplating section from the fitting and machining area, where they undergo grinding to remove wear marks and to obtain the correct geometric shape.

The electroplating section is intended to perform the following technological operations [1]:

· isolation of surfaces not subject to coating;
· mounting of parts on suspension fixtures;
· degreasing (chemical or electrochemical);
· rinsing of parts in hot and cold water;
· anodic etching of surfaces to be coated;
· electrodeposition of metal (chromium plating, iron plating);
· removal of parts from suspension fixtures;
· removal of masking materials.

During chromium plating, parts undergo rinsing in water (in an electrolyte-catching bath) and thermal treatment (heating in a drying cabinet); during iron plating, the process includes neutralization of electrolyte residues, water rinsing, and drying.

Before applying all types of coatings, as well as after applying decorative coatings, the parts are polished.

Parts whose working surfaces have been restored by applying a hard electroplated coating are transferred to the fitting and machining section for final processing.

The annual labor intensity of the section is determined by the total surface area of parts requiring buildup during the year, the duration of the coating process, and the surface area of parts per single bath load. The duration of the electroplating operation depends on the time required for electrolytic metal deposition in the bath and the time needed for loading and unloading the parts. The surface area of parts per bath load depends on the bath dimensions.

When designing the section, the required number of metal-plating baths, polishing machines, and low-voltage power units is calculated [2].

The number of baths is determined separately for each electroplating operation (chromium plating, iron plating, copper plating, etc.) based on the surface area of parts per bath load and the hourly productivity of the bath.

The number of polishing machines is calculated according to the total coating surface area and the hourly productivity of a polishing machine.

The rectifier for powering the baths is selected according to the required current output.

Other equipment and auxiliary fixtures are selected without calculation, according to the technological processes performed in the section.

The number of production workers depends on the annual labor intensity of electroplating operations and the actual annual working time of an electroplater.

The area of the section is calculated based on the footprint of the equipment, taking into account working zones and walkways. The overall dimensions of the section are determined considering the layout of the enterprise’s production building.

Equipment in the electroplating section is installed in accordance with the adopted technological process and with the aim of minimizing unnecessary material flows. The main coating baths are placed along the walls, while auxiliary baths (for hot and cold water) are preferably located inside the room. In doing so, the required spacing standards between equipment and building elements must be observed

References

1. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

2. Дашивець Г.І., Бондар А. М., Паніна В. В. Проєктування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 84 с.

Research supervisor: Viunyk O., engineer, sin. Teacher

UDC 658.5

DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE ENGINE REPAIR SECTION OF A SERVICE FACILITY

Nahornyi M., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

The engine-repair department is intended for:

· restoration of the engine's base components (cylinder blocks, crankshafts, and camshafts);

· assembly and testing of units (assembly of the crankshaft with the flywheel and clutch, and their balancing);

· general engine assembly;

· repair of auxiliary units (oil and water pumps, oil filters, etc.).

The engine-repair department includes the following sections: the fitting-and-machining section and the assembly section. The basis for designing the department's sections is the production program.

The diesel engine repair process includes disassembly and assembly operations; cleaning, washing, and restoration of parts; and painting operations. These tasks are performed by fitters. Base components arrive at the section after inspection and sorting. Some engine units arrive at the engine-repair department in an assembled state; their disassembly and repair are performed directly at the workstations. Such units include the cylinder head with valves, water pump, fan, oil pump, etc. [1].

Some parts are delivered to the workstation already restored and ready for assembly, while others undergo fitting and machining operations in the fitting-and-machining section, where the following operations are performed: cylinder or liner boring, boring of main bearings and camshaft bushings, grinding and polishing of crankshaft journals, valve grinding and lapping, and hydraulic testing of the cylinder block.

After restoration, base components are cleaned using washing units. Cleaned parts, free of dirt and abrasive residues, are sent to the engine unit assembly stations. Additional parts arrive from the kitting section. Auxiliary units arrive at the engine-repair section in an assembled state. They are repaired, tested, and then sent to the engine assembly stations.

Fully assembled engines are transported to the test station for break-in and testing. Repaired engines are painted, finally completed, and transported to the machine assembly line.

The annual labor intensity of the section is determined based on the time standards for disassembly-assembly and fitting-machining operations and the annual production program. The length of the engine assembly line is determined by the engine length and the spacing between engines on the line.

The number of stationary workstations for disassembling engine units into parts is determined by the annual labor intensity, the actual annual working time of a worker (fitter), and the work density.

To remove broken studs and bolts on the side and end surfaces of blocks, vertical drilling machines of type 2A135 with a maximum drilling diameter of up to 35 mm are used. Warped surfaces of the block and cylinder head are ground on surface-grinding or radial drilling machines. Boring of block saddles is performed using horizontal boring machines, while diamond boring machines are used for boring cylinder liners and liner seating surfaces. Universal hydraulic test stands are used for testing the water jacket of the block and cylinder head. For honing cylinder liners, vertical honing machines or drilling machines equipped with honing heads are used.

The number of metal-cutting machines S_M, pcs., is calculated using the formula [2].

$$S_M = \frac{T'_M \cdot N \cdot K_N}{F_{A.E.} \cdot \eta_O}, \quad (1)$$

where T'_M - the annual labor intensity of machine-tool operations, man-hours;

K_N – the coefficient of non-uniformity of enterprise workload;

$F_{A.E}$ – the actual annual operating time of the equipment, hours;

η_O – the utilization factor of machine-tool equipment.

Other equipment and organizational fixtures are selected without calculation, according to the technological processes performed in the section, and an equipment specification is compiled. The number of production workers is determined based on the annual labor intensity of operations and the working-time fund of fitters. The area of the section is calculated based on the space occupied by the equipment, taking into account working zones and walkways.

Equipment layout should begin with the placement of machines at the cylinder-block restoration stations. The equipment is arranged in a line (integrated into the production flow) according to the technological process scheme, following the sequence of operations. In the cylinder-block restoration line, roller conveyors are used as transport devices; they are installed in sections between machines or alongside them, as well as monorails equipped with electric hoists or pneumatic lifters. The cylinder-block restoration line ends with a washing machine. Washed cylinder blocks are transferred by overhead crane to the assembly platform.

The continuation of the cylinder-block restoration line is the engine assembly line, where an overhead crane or a monorail with an electric hoist is used. Near the engine assembly line, it is recommended to place stations for unit assembly and auxiliary-unit repair.

References

1. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

2. Дашивець Г.І., Бондар А. М., Паніна В. В. Проєктування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 84 с.

Research supervisor: Dashyvets H., Ph.D., Assoc.

УДК 620.92:631.371

ТЕХНОЛОГІЧНА МОДЕРНІЗАЦІЯ БІОГАЗОВИХ КОМПЛЕКСІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ

Тімонін О. В. 32С(ФМБ)АІ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Біогазові комплекси в Україні функціонують в умовах нестабільності енергетичного ринку, зміни тарифної політики, обмеженого доступу до інвестиційних ресурсів та підвищених вимог до екологічної безпеки виробництва. За таких умов ключовим завданням стає забезпечення економічної стійкості біогазових підприємств, яка визначається їх здатністю зберігати прибутковість та операційну стабільність при зміні зовнішніх факторів [1].

Практика експлуатації показує, що більшість біогазових комплексів, введених в експлуатацію 7–10 років тому, працюють на обладнанні з високою питомою енергоємністю, недостатнім рівнем автоматизації та обмеженим коефіцієнтом використання теплової енергії.

Це призводить до підвищених операційних витрат та зростання строків окупності проєктів. Відтак технологічна модернізація виступає не лише інструментом підвищення продуктивності, а й системним фактором економічної стабілізації [2].

У сучасних дослідженнях біогазова енергетика розглядаєть ся як елемент циркулярної економіки та децентралізованої енергосистеми [3]. Значна увага приділяється підвищенню виходу метану через оптимізацію складу субстратів, застосуванню попередньої обробки біомаси (механічної, термічної, ферментативної), а також удосконаленню систем перемішування та теплового менеджменту.

Окремий напрям досліджень присвячений модернізації когенераційних модулів, зокрема переходу до установок із підвищеним електричним ККД та впровадженню систем рекуперації тепла вихлопних газів. Доведено, що підвищення електричного ККД на 3–5% забезпечує приріст річного доходу до 8–12% залежно від структури тарифів. Також науковці акцентують увагу на цифровізації біогазових комплексів: сенсорного моніторингу параметрів зброджування, прогнозуванні навантажень і оптимізації режимів у реальному часі. Моделювання показує, що адаптивне управління процесом дозволяє підвищити вихід біогазу на 5–10% без додаткових витрат сировини [4]. Разом з тим, у більшості публікацій модернізація розглядається фрагментарно – як технічний захід, без комплексної оцінки її впливу на фінансову стійкість підприємства. Питання інтеграції технологічних рішень із економічною моделлю функціонування комплексу потребує подальшого наукового опрацювання.

Економічна стійкість біогазового комплексу визначається співвідношенням між доходами від реалізації енергії та сумою операційних витрат і амортизаційних відрахувань. Узагальнений показник можна подати у вигляді [3,4]:

$$E_S = \frac{R}{C_{op} + A} ,$$

де R - річний дохід, грн.

C_{op} - операційні витрати, грн.

A - амортизаційні відрахування, грн.

Стійкість вважається достатньою при E_S>1,2.

Модернізація систем перемішування. Встановлення частотно-регульованих приводів та оптимізація гідродинаміки дозволяє знизити споживання електроенергії на 25–35%. Для комплексу 1 МВт це становить економію близько 300–400 тис. кВт·год на рік. За середньою ціною 6 грн/кВт·год річний ефект перевищує 1,8–2,4 млн грн. [4]

Удосконалення теплового контуру. Збільшення товщини теплоізоляції та впровадження систем рекуперації тепла дигестату дозволяє скоротити теплові втрати з 30% до 18–20%. Додатково отримане тепло може бути використане для сушіння зерна або обігріву виробничих приміщень. Річний економічний ефект для середнього комплексу становить 1,5–2 млн грн.

Модернізація когенераційних модулів. Перехід до двигунів нового покоління з електричним ККД 42–44% (проти 38–39% у старих моделях) дозволяє збільшити виробництво електроенергії на 5–7% без зміни обсягів біогазу. Це підвищує дохід на 3–4 млн грн на рік для установки 1 МВт.

Цифровізація управління. Впровадження автоматизованої системи контролю процесу зброджування забезпечує стабілізацію температури, pH та навантаження реактора. На практиці це дозволяє підвищити питомий вихід метану на 6–8% та зменшити аварійні простої.

Інтегральний ефект модернізації. Комплексна модернізація потребує інвестицій у межах 10–18% від первісної вартості об'єкта [5]. Проте сумарний річний економічний ефект (зниження витрат + приріст доходу) може сягати 6–8 млн грн для станції 1 МВт. У результаті строк окупності скорочується з 6–7 до 4–5 років, а показник економічної стійкості зростає з 1,15 до 1,35–1,45.

Важливо, що модернізація підвищує не лише прибутковість, а й адаптивність комплексу

до коливань тарифів та вартості сировини. Чутливісний аналіз показує, що модернізований комплекс зберігає позитивний фінансовий результат навіть при зниженні ціни електроенергії на 20%, тоді як немодернізований виходить на межу беззбитковості.

Висновки. Технологічна модернізація є системним чинником підвищення економічної стійкості біогазових комплексів.

1. Найбільший ефект забезпечує комплексне поєднання модернізації перемішування, теплового контуру, когенераційного обладнання та цифрового управління.
2. Економічний ефект модернізації для установки 1 МВт може перевищувати 6–8 млн грн на рік.
3. Модернізовані комплекси характеризуються вищою адаптивністю до змін енергетичного ринку та нижчою чутливістю до тарифних коливань.
4. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку інтегрованих моделей прогнозування ефективності модернізації з урахуванням регіональних кліматичних умов та структури сировинної бази.

Список використаних джерел

1. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ* 2020. Вип. 10, т. 1.
2. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115
3. Акулов В.Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* 2024. Вип. 24, т. 2. С. 27-36. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3
4. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Обґрунтування способу перемішування субстрату для експериментальної біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 10, т. 1. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/11287/1/06.80_2.pdf (дата звернення 02.02.2026).
5. О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, А. С. Комар, В. Д. Акулов. Технологічні аспекти оптимізації біогазових установок. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2025. Вип. 15, т. 1. С. 129-135 https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-15

Науковий керівник: Скляр Р. В., к.т.н., доц.

UDC 658.5

DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE ENGINE TESTING STATION OF A SERVICE FACILITY

Starychenko A., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

The testing station at a service enterprise is intended for engine break-in and testing. The basis for designing the station is the production program.

The diesel engine repair process, in addition to disassembly-assembly operations, cleaning, washing, and restoration of parts, and painting operations, also includes adjustment, break-in, and engine testing. These operations are performed by fitters.

Fully assembled engines, after repair, are transported to the testing station for break-in and testing. Repaired engines are painted, finally completed, and transported to the machine assembly line.

At the testing station, the following operations are performed: cold break-in, hot break-in

without load, hot break-in under load, engine power testing, and determination of hourly and specific fuel consumption [1]. A characteristic feature of designing this section is the increased noise level and exhaust gas concentration. Therefore, sound insulation and exhaust removal must be ensured.

The annual labor intensity of the section is determined based on the time standards for break-in and testing operations and the annual production program. Approximately 5–10% of all repaired engines undergo repeated break-in and testing after correction of detected defects.

The main equipment of the testing station is the break-in and dynamometer test stands. Their number S, units, is determined using the formula [2]

$$S = \frac{N \cdot T'_T \cdot K_C \cdot K_{RT}}{F_{A.E.} \cdot \eta_S}, \quad (1)$$

where N – the annual engine-repair program, units;

T'_T – the labor intensity of break-in and testing operations per one major engine overhaul, man-hours;

K_C – the correction coefficient;

K_{RT} – the coefficient of repeated testing;

$F_{A.E}$ – the actual annual operating time of the equipment, hours;

η_S – the stand utilization factor.

Other equipment and organizational fixtures are selected without calculation, according to the technological processes performed in the section.

The distance between the axes of the test stands is taken as 2.5–3.0 m. The width of the passage between rows of stands, when engines are transported by overhead cranes, is taken as 2.5 m. The area of the section is calculated based on the space occupied by the equipment, taking into account working zones and walkways.

References

1. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

2. Дашивець Г.І., Бондар А. М., Паніна В. В. Проєктування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 84 с.

Research supervisor: Dashyvets H., Ph.D., Assoc.

UDC 658.5

DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE DISASSEMBLY AND WASHING AREA OF A SERVICE FACILITY

Tarasenko D., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

The disassembly and washing section is intended for dismantling tractors into assemblies (units), dismantling assemblies into individual parts, and for washing, degreasing, and cleaning parts. The basis for designing the section is the production program and labor-intensity standards.

After external washing, the tractor is delivered to the disassembly stations where it is dismantled into assemblies. At the first disassembly station, the wheels, body panels, cab, and electrical equipment are removed [1]. The removed wheels are transported by an overhead crane to the wheel-assembly section. The cab and body panels are sent to the paint-stripping station equipped with boiling tanks, and then to the sheet-metal and cab-repair section. The electrical equipment is transferred to the corresponding repair section.

The partially dismantled tractor, after repeated washing, is disassembled into units and

assemblies. The removed units, parts, and assemblies are placed on a plate conveyor and transported to the workstations for unit and assembly disassembly. Radiators and pipes are sent to the copper-repair section. Hydraulic units are delivered by overhead crane to their repair section. The disassembly workstations for units and assemblies are serviced by a jib crane.

Major assemblies are dismantled into parts in two stages: preliminary (partial) and final (complete). Before final disassembly, the preliminarily dismantled assemblies are washed in a washing machine. Removed parts are delivered to the washing machine either by roller conveyor or by overhead crane. Washed and dried parts of all assemblies and units are sent to the inspection (defect detection) section, and the washed frame is sent to the frame-repair section.

Thus, the technological process of disassembly and washing at a specialized enterprise involves multi-stage cleaning of repair objects in special machines (batch-type or continuous-type) using washing solutions.

The annual labor intensity of the section consists of the labor intensity of tractor disassembly into units, unit disassembly, and washing operations. Based on the developed technological process, the number of stations in the tractor disassembly line and the number of stationary workstations for disassembling assemblies into units and parts are calculated.

The operations of the tractor disassembly process are distributed among stations. For each station, the operations are selected so that the following condition is met [2].

$$\frac{T_1}{P_1} = \frac{T_2}{P_2} = \ldots = \frac{T_n}{P_n}, \quad (1)$$

where T_i – the labor intensity of the work performed at the corresponding station, man-hours;

P_i – the number of workers simultaneously operating at the i-th station.

This requirement ensures synchronized work across all stations. A deviation in the ratios T_i/P_i between different stations within the range of 90 - 110% is permissible. The alignment of these ratios is achieved by redistributing individual operations between stations and adjusting the number of workers at specific stations.

The length of the disassembly line is determined by the tractor length and the spacing between tractors on the line. The number of stationary workstations for disassembling assemblies into parts is determined by the labor intensity of the operations and the actual annual working time of a worker (fitter).

When designing the disassembly and washing section, the number of conveyor lines and washing machines is calculated, while other equipment is selected according to technological requirements. Equipment must be chosen based on its suitability for each specific case, depending on the production program volume.

The models and number of washing machines for assemblies and parts are selected according to their productivity, which is determined by the mass of parts (in tons) processed per hour [3]. The hourly productivity of washing machines is specified in the equipment’s technical specifications. Based on the calculations, a conclusion is made regarding the required number of washing machines.

At repair enterprises, up to 80% of parts are cleaned using jet-type machines. Jet cleaning machines effectively remove oil, light resinous deposits, soil, and other contaminants; they offer high productivity and can be easily integrated into production lines. However, their disadvantage is the low cleaning quality of parts with complex geometry or parts with strong resinous deposits. In such cases, immersion cleaning is more appropriate. The main advantage of immersion cleaning is the ability to use highly effective cleaning agents.

The number of boiling tanks is calculated based on the total annual mass of items requiring boiling and the mass of parts that can be loaded into the tank per hour. The number of production workers (fitters and washers separately) is determined by the labor intensity of their respective operations.

The area of the section is calculated based on the space occupied by equipment and tractors undergoing repair, taking into account working zones and walkways. Equipment must be arranged on the section layout in strict accordance with the technological process. At the same time, spacing standards between equipment and building elements must be observed, as required by safety

regulations.

References

1. Булей І. А. Проєктування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1993. 287 с.

2. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

3. Дашивець Г.І., Бондар А. М., Паніна В. В. Проєктування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 84 с.

Research supervisor: Viunyk O., engineer, sin. teacher

УДК 620.92:631.862:519.876

ІНЖЕНЕРНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БІОФІЛЬТРІВ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ МЕТАНОВОГО ЗБРОДЖУВАННЯ

Жмак С. С., 21МБ АІ

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Традиційний підхід до підвищення продуктивності передбачає збільшення тривалості зброджування або об’єму реактора, що супроводжується зростанням капітальних і енергетичних витрат [1]. Альтернативним напрямом інтенсифікації є створення умов для утримання та накопичення активної біомаси всередині метантенка шляхом використання анаеробних біофільтрів із розвиненою поверхнею носіїв. Закріплення метаноутворюючих мікроорганізмів на носіях дозволяє зменшити їх вимивання, підвищити концентрацію активної біомаси та забезпечити стабільний перебіг процесу навіть за підвищених навантажень [2].

Аналіз сучасних досліджень у галузі анаеробного зброджування свідчить, що підвищення ефективності біогазових установок пов’язане з оптимізацією кінетики росту мікроорганізмів, контролем концентрації органічної речовини та вдосконаленням конструкції реакторів. Значна увага приділяється моделям, які описують швидкість росту метаногенів залежно від концентрації субстрату та умов середовища [3]. Разом із тим, питання кількісного впливу площі поверхні носія, товщини шару закріпленої біомаси та режимів завантаження на інтенсивність газоутворення залишається недостатньо систематизованим.

Функціонування метантенка з біофільтром доцільно розглядати як складну динамічну систему, в якій результативні показники - швидкість утворення біогазу, метановміст і ступінь розкладання органічної речовини - залежать від поєднання зовнішніх і внутрішніх параметрів. До зовнішніх чинників належать температура, доза та періодичність завантаження, вологість і склад сировини. Внутрішні параметри характеризують конструктивні особливості біофільтра, ефективну площу поверхні носіїв, щільність і стан метаногенної біомаси.

Ключовим технологічним фактором є доза завантаження метантенка. Збільшення навантаження за беззольною органічною речовиною підвищує інтенсивність процесу лише до певної межі [4]. Надмірне навантаження викликає вимивання частини мікрофлори та зниження ступеня біоконверсії. Використання біофільтра дозволяє змістити цю межу в бік вищих навантажень за рахунок утримання активної біомаси на поверхні носіїв.

Аналітична оцінка процесу показує, що швидкість утворення біогазу зростає пропорційно збільшенню ефективної площі закріплення мікроорганізмів та їх концентрації у

реакторі. Збільшення площі носіїв, їх структурованість і гідродинамічна доступність сприяють формуванню стабільної біоплівки та підвищенню питомої продуктивності. Водночас надмірне ускладнення конструкції може спричинити погіршення масообміну та зростання гідравлічного опору, що потребує оптимального конструктивного балансу.

Важливо враховувати, що формування стабільної метаногенної біоплівки на поверхні носіїв відбувається поетапно та залежить від гідродинамічного режиму реактора. На початковій стадії експлуатації біофільтра відбувається адаптація мікробних консорціумів, формування первинного шару адгезованих клітин та поступове нарощування товщини біоплівки. За оптимальних умов масообміну досягається баланс між швидкістю росту мікроорганізмів та швидкістю дифузії субстрату вглиб біоплівки. Надмірне ущільнення шару може призводити до локального дефіциту поживних речовин і зниження питомої активності метаногенів [5]. Таким чином, ефективність біофільтра визначається не лише площею поверхні носіїв, а й параметрами їх розташування, турбулентністю потоку та інтенсивністю перемішування, що забезпечують рівномірний розподіл субстрату та стабільну кінетику процесу.

Особливу роль відіграє взаємозв'язок між тривалістю зброджування, концентрацією органічної речовини та продуктивністю реактора. Скорочення гідравлічного часу утримання без втрати активної біомаси є ключовим резервом підвищення економічної ефективності біогазової установки. У разі використання біофільтра забезпечується стабільна швидкість газоутворення навіть при зменшенні часу перебування субстрату, що дозволяє зменшити необхідний об'єм реактора та капітальні витрати.

Додатковий аналітичний аспект пов'язаний із впливом накопичення метаногенної біомаси на енергетичні показники роботи установки. Зростання швидкості газоутворення без пропорційного збільшення енерговитрат на перемішування та підігрів субстрату забезпечує підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності. Таким чином, біофільтр виступає не лише мікробіологічним, а й енерготехнологічним інструментом інтенсифікації процесу [4].

Комплексний аналіз показує, що продуктивність біогазової установки перебуває у функціональній залежності від структурних параметрів біофільтра – діаметра, кількості та конфігурації лопатей, довжини і діаметра носіїв, а також від режимів завантаження та фізико-хімічних характеристик сировини. Оптимізація цих параметрів дозволяє підвищити концентрацію метаноутворюючих мікроорганізмів, стабілізувати технологічний процес та збільшити енергетичний вихід.

Отже, застосування анаеробного біофільтра в метантенку створює умови для інтенсифікації процесу зброджування гнойових стоків шляхом накопичення та утримання активної метаногенної біомаси. Це забезпечує зростання швидкості утворення біогазу, підвищення ступеня розкладання органічної речовини та покращення енергетичних показників роботи біогазової установки [4,5]. Отримані результати формують наукове підґрунтя для вдосконалення конструкції реакторів та обґрунтованого вибору режимів їх експлуатації в аграрному секторі.

З позицій техніко-економічного аналізу впровадження біофільтра доцільно розглядати як інструмент підвищення інтенсивності використання наявних виробничих потужностей без пропорційного збільшення капітальних вкладень. За умов зростання вартості енергоресурсів та обмеженості інвестиційних ресурсів аграрних підприємств скорочення гідравлічного часу утримання субстрату при збереженні або зростанні виходу біогазу забезпечує зменшення питомих витрат на одиницю виробленої енергії. Додатковий економічний ефект формується за рахунок стабілізації технологічного режиму, зниження ризику зупинок установки та підвищення прогнозованості енергетичного балансу господарства. У сукупності це підвищує інвестиційну привабливість модернізації існуючих біогазових комплексів.

Список використаних джерел

1. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ* 2020. Вип. 10, т. 1.

2. Перспективи використання біофільтрів у біогазових установках/ О. Г. Скляр., Р. В. Скляр., Б. В. Болтянський, С. В. Сиротюк, С. В. Коробка // *Праці ТДАТУ. Технічні науки*. 2025. Вип. 25, т. 1. С. 45–53. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-1-6

3. Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброджені біомаси. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 3. С. 62-70. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-3-5

4. Скляр Р. В. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2014. Вип. 4, т. 1. С. 3-9.

5. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ*. 2024. Вип. 24, т. 1. С. 89–100. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-1-6

Науковий керівник: Скляр Р. В., к.т.н., доц.

UDC 658.5

SEQUENCE OF DESIGNING THE TECHNOLOGICAL COMPONENT OF PRODUCTION SECTIONS AT A SERVICE ENTERPRISE

Trach D., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Sequence of designing the technological part of production units:

1) justification of the purpose of the section**,**
2) determination of initial data**.**

The initial data for designing production sections include the production program, labor-intensity standards, and the preliminary layout plan of the enterprise's production building. The program is specified in natural units (pcs.), physical units (kg, m^2), monetary terms (UAH), or labor/time units (man-hours, machine-hours).

Labor-intensity standards for repairing one unit are obtained by developing technological processes for disassembly–assembly, restoration, and subsequent standardization of these processes, or by using standards from existing production, materials from previously developed projects, and tightening them as needed.

When preparing a reconstruction project, it is necessary to have data related to the existing production unit (shop, department, section) [1]:

· purpose of reconstruction;
· list of technological and lifting-transport equipment;
· equipment layout of the section;
· current enterprise time standards per unit of output by type of work;
· operating mode of the section;
· material consumption;
· characteristics of the industrial building;
· consumption of water, steam, compressed air;
· characteristics and condition of the ventilation system;
· registered number of workers;
· output in natural and monetary terms;
· planned and actual cost calculations;

3) development of the technological process;

4) establishment of the operating mode of the section and the time funds of equipment and workers.

The operating mode of the enterprise is determined by the number of working days per year, the number of shifts per day, and the duration of the working shift in hours. Nominal and actual annual time funds for workers and equipment are distinguished. The nominal annual time fund is the number of working hours according to the operating mode, without considering possible time losses. The actual annual time fund reflects the time actually worked by a worker or equipment, taking into account losses.

5) determination of the annual labor intensity of operations.

Depending on the units in which the program is expressed, production sections are divided into groups [1, 2]:

Group I – external washing, disassembly, fitting-and-machining, assembly. The program is expressed by the nomenclature and quantity of repair objects N.

$$T = \sum_{i=1}^{n} T_i \cdot N, \quad (1)$$

where T_i – the time standard for this type of work per one repair object, hours.

II – cleaning of parts, heat-treatment, forging. The program is expressed by the quantity and mass of repair objects Q

$$T = \frac{Q}{q_H}, \quad (2)$$

where q_H – the hourly productivity (kg/h).

$$Q = \sum Q_i \cdot N \cdot \beta, \quad (3)$$

where Qi – the mass of one repair object, kg (t);

β – the coefficient accounting for the share of part mass subjected to this type of processing.

III – welding, electroplating, painting. The program is expressed by the quantity and surface area of repaired parts S

$$T = \frac{S}{S_H}, \quad (4)$$

where S_H – the surface area of parts processed per unit time (m^2/h);

$$S = S_i \cdot N, \quad (5)$$

where S_i - the surface area of one repair object subjected to this type of processing.

6) calculation and selection of the required quantity of main technological equipment and lifting-transport (auxiliary) equipment;

7) calculation of the number of production workers;

8) determination of the production area of the section;

9) development of the equipment layout and final clarification of the area and dimensions of the section.

When developing the equipment layout, the following requirements must be taken into account:

· equipment in the section must be arranged in accordance with the adopted organizational form of technological processes;

· the requirements of straight-through (unidirectional) workflow must be satisfied as fully as possible. The equipment layout must be coordinated with the use of lifting-transport devices;

· the arrangement of equipment, walkways, and driveways must ensure convenience and safety of work, as well as the possibility of equipment installation, dismantling, and repair;

· the layout must allow for equipment replacement when more advanced or alternative technological processes are introduced;

· the layout must ensure rational use not only of the floor area but also of the volume of the section.

10) calculation of the demand for electric power, steam, compressed air, and water;

11) calculation of technical and economic indicators: production program, number of equipment units, labor intensity of operations, number of workers, area, power of electrical receivers, cost of fixed production assets, level of process mechanization, etc.

When reconstructing a section, the technical and economic indicators are compared with the corresponding actual data of the section before reconstruction. If a new section is being designed, the indicators are compared with data from similar advanced-technology production facilities.

References

1. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

2. Дашивець Г.І., Бондар А. М., Паніна В. В. Проєктування сервісних підприємств: навчально-методичний посібник для самостійної роботи студентів. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2019. 84 с.

Research supervisor: Dashyvets H., Ph.D., Assoc.

UDC 658.5

DESIGN CONSIDERATIONS FOR THE WELDING SECTION OF A SERVICE FACILITY

Usenko Y., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

The welding section is intended for restoring machine parts by welding and surfacing. A wide range of processes is used for this purpose, including manual gas and arc welding and surfacing; automatic surfacing under a flux layer; automatic and semi-automatic welding and surfacing in shielding gases, vapors, and liquids; resistance, spot, plasma, and other specialized welding methods. These processes ensure the restoration of worn surfaces, the buildup of material on critical areas, and the repair of cracks or fractures in structural components.

Designing the welding section of a service enterprise requires creating a safe, functional, and ergonomically optimized workspace. This includes powerful supply-and-exhaust ventilation systems to remove fumes and aerosols, high-quality artificial lighting to ensure visibility during precision welding, and reliable grounding of all equipment to prevent electrical hazards. Key considerations include: adequate room height (typically 3 - 4 m) to disperse heat and fumes; spark-protection screens or welding booths 1.8 - 2 m high; designated storage areas for gas cylinders, consumables, and materials; strict compliance with fire-safety regulations; and convenient internal logistics, such as wide gates for transporting large assemblies [1].

Main design features

· layout and placement – the welding section should be isolated from other production areas to prevent the spread of sparks, fumes, and noise, yet it must have convenient access for transporting large components. Welding stations are arranged in enclosed booths 1.8–2 m high with a floor-level air gap to ensure proper airflow and prevent accumulation of hazardous gases.

· ventilation and safety – each workstation must be equipped with local exhaust ventilation directly above the welding table, complemented by a general supply-and-exhaust system for the entire section. Fire-extinguishing equipment, emergency shut-off devices, and reliable grounding of all electrical equipment are mandatory.

· lighting – welding operations require stable, high-intensity artificial lighting, as natural light is often insufficient in enclosed industrial spaces.

· workplace organization – welding booths are equipped with robust welding tables, holders for torches and electrodes, clamps, vises, and other essential tools. Ergonomic arrangement of tools reduces fatigue and increases productivity.

· storage areas – a dedicated storage zone is required for gas cylinders, welding wire, electrodes, fluxes, and finished parts. This area must be isolated from dust, chips, and contaminants originating from machining or grinding sections.

· compliance with standards – the design must meet occupational safety requirements regarding permissible concentrations of harmful substances, noise levels, and thermal radiation. Auxiliary

rooms such as changing rooms, washrooms, and shower facilities must also be provided.

Equipment in the welding section is classified according to:

· technological purpose – equipment for gas welding, arc welding, laser welding, plasma welding, vibro-arc welding, and other specialized processes;

· role in the production process – production equipment (welding machines, surfacing units) and auxiliary equipment (ventilation systems, fixtures, manipulators);

· principle of operation aggregation – single-tool machines, rotary systems, automated welding lines;

· participation in the production flow – standalone units or equipment integrated into automated or semi-automated production lines;

· reconfigurability – the ability of equipment to be adjusted or retooled for different welding modes, materials, or part geometries.

Both alternating current (AC) and direct current (DC) are used for welding and surfacing operations. For AC welding, welding transformers are the most economical and widely used power sources due to their simplicity and reliability. For DC arc-welding stations, power is supplied by motor-generator converters or welding rectifiers, which provide stable current characteristics essential for high-quality welds.

These power sources must be selected based on the required welding processes, material types, and productivity demands of the service enterprise.

References

1. Булей І. А. Проєктування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1993. 287 с.

Research supervisor: Dashyvets H., Ph.D., Assoc.

УДК 664.68

ВИКОРИСТАННЯ НАТУРАЛЬНИХ ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Савченкою М., ст.викладач,
Пекельник Р., здобувачк вищої освіти СВО «Бакалавр»
Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

Сучасний розвиток харчової промисловості постійним пошуком технологічних інновацій з ціллю підвищити якість продукції та її біологічну цінність. Особливими в структурі харчування є борошняні кондитерські вироби, які є важливим джерелом енергії завдяки високому вмісту вуглеводів, жирів та білкових речовин. Тому клієнти мають завжди пам’ятати, що понаднормове споживання кондитерських виробів може негативно впливати на здоров’я через їх значну кількість простих вуглеводів і жирів у складі. Саме в зв’язку з цим, є актуальною мета - створення продукції з покращеними харчовими характеристик шляхом використання натуральної та нетрадиційної сировини, яка підвищить конкурентоспроможність виробів без погіршення органолептичних властивостей [1].

Початок досліджень з додавань натуральної сировини в борошняні вироби був не лише з метою підвищення якості готового продукту, а також заради підвищення вмісту вітамінів, мінералів та антиоксидантів. Взявши за приклад ягідну сировину – полуницю, можна відмітити що вона містить значну кількість вітамінів групи А, В, С, Е, РР, К. Також важливими складовими виділяють її йсахариди, фолієву кислоту, залізо, кальцій, марганець, фосфор, антиоксиданти, клітковину та пектини. Якщо перечислені вітаміни здатні позитивно впливати

на імунну та серцево-судинну систему, то антиоксиданти та органічні кислоти покращуватимуть процеси травлення та засвоєння поживних речовин, що в нашому випадку ще корисніше оскільки в бісквіті переважають вуглеводи та жири. Саме цей крок вказував на те що продукції з ягідними напівфабрикатами не просто покращить органолептичні показники, що уже важливо в конкурентності закладів харчування, а й підвищить біологічну та функціональну цінність кондитерського виробу [2,3].

Ознайомившись з іншими дослідженнями використання ягідної сировини, як наприклад їх використання у кексах та печиві, найбільший вплив був саме на харчову цінність та насичення антоціанами і вітаміном С. Полуниця використовується і як барвник і як смаковий компонент і ці ролі в кожному виробі мають різну норму внесення, з найбільшими оцінками показників: смак, колір, текстура, так для печива в прикладі знадобилося 30% ягідної сировини, коли для кексів оптимальною дозою знайшли 45%. Такі зміни та найбільш оптимальне грамування в рецептурі ідеально знаходити методом порівнянь, де готові вироби з різним відсотком нового компоненту порівнюють по шкалі оцінки в 5 чи 10 балів [4]. Не обмежуючись лише одним прикладом розбираючи роботу в журналі якості харчових продуктів – “Chemical, Sensory and Quality Evaluation of Cupcakes with Wheat Flour, Oat Flour and Strawberry Powder” яка призначена вже використанню ягідного порошку в безглютенових тортах. В якості сировини використовували порошки малини, ожини, полуниці та чорної шовковиці. Кожен вид порошку додавали у концентраціях: 2 %, 4 % та 6 % від маси тіста. Протягом досліду було виявлено що при збільшенні кількості ягідного порошку зменшувався об’єм виробу відносно його масу, вміст клітковини, еластичність, клейкість та вологість тіста. Натомість сказано що показники жорсткості та жувальності - збільшувались відносно збільшення порошку. Зі збільшенням кількості порошку змінювався колір: показники L і b зменшувались, а а збільшувався, що робило виріб більш насичено-рожевим/червоним. Сенсорний аналіз показав, що контрольний зразок без ягідного порошку був найменш прийнятним для дегустаторів, а зразок з 4 % порошку чорної шовковиці отримав найвищі оцінки[5].

Проте попри вищезазначені дослідження, що доказали позитивний вплив на кондитерські вироби ягідних напівфабрикатів при правильному відношенню відносно маси виробу я мав би додати що експериментальне удосконалення з цією сировиною потрібно не тільки заради цього. На маою думку метою, яка повинна розкритись з відтворенням кожної нової подібної рецептури де використовуються ягоди - дозволить уникнути використання харчових барвників в виробах, наявністю яких досі турбується велика кількість людей. Таким чином різноманітністю ягід можна відтворити звичні кондитерські вироби новим чином, збільшивши як їх харчову цінність так і конкурентоспроможність.

Список використаних джерел

1. Куракін О. Б. *Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії*: Матеріали сьомої міжнародної науково-практичної конференції. С. 10-14..

2. Ганич О. М., Ганич Т. М. Сучасні аспекти збереження здоров’я людини. *Дикорослі ягоди – цінна сировина у виробництві борошняних кондитерських виробів:* Збірник праць X міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції. С. 157.

3. Любич В. В. Якість свіжих ягід і варення різних сортів смородини.

4. Rekha Kaushik, Pardeep Kaur Grewal Development and Nutritional Evaluation of Value Added Baked Products using Strawberry (Fragaria). 2015.

5. Öncel B., Turgay Ü., Özer M. S. Investigating the Efficacy of Different Berry Powders in Alleviating Texture and Nutritional Limitations in Gluten-Free Cakes. *Journal of Food Quality*. 2025. Vol. 2025, no. 1. https://doi.org/10.1155/jfq/8897828

UDC 658.5

ENGINEERING CONSIDERATIONS FOR THE COATING AREA OF A SERVICE COMPANY

Shapoval V., recipient of higher education "Master's" degree
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine

Designing a painting (coating) section begins with developing the key engineering and organizational solutions for performing painting operations in accordance with the technological workflow of machine repair. The process requires strict compliance with environmental, fire-safety, and sanitary regulations (a separate building or full isolation, high-capacity supply-and-exhaust ventilation). The essential components include a paint-and-drying booth, surface preparation zones, paint mixing and matching areas, proper lighting, and the use of explosion-proof equipment.

The main design considerations [1] include:

- ensuring proper execution of the technological process;
- preventing dust contamination of painted surfaces;
- safety compliance: using moisture-, oil- and fuel-resistant materials for wall and floor finishing, and equipping the area with fire extinguishers and fire-suppression systems;
- locating the painting section separately from the main production areas, with fire-safety distances of at least 15 m from non-production buildings;
- proper functional zoning (preparation posts, painting zone);
- installing supply-and-exhaust ventilation with air-filtration systems, which is critical for both safety and coating quality;
- providing bright, daylight-spectrum lighting;
- equipping the facility with a mandatory paint-and-drying booth, preparation posts (sanding areas), infrared dryers, racks for parts, spray guns, and compressed-air preparation systems.

Repaired products are delivered to the painting section for coating. The technological process includes the following main operations: surface preparation, priming, puttying, sanding, application of topcoat layers, drying, final finishing (polishing, varnishing, etc.), and coating quality control. After painting, the products are transported to the assembly line.

The production program of the painting section is determined by the total surface area to be coated annually, based on the enterprise's overall production plan. Labor intensity is calculated according to established norms and specific labor coefficients.

The required number of paint-and-drying booths for performing the technological process is determined using the formula:

$$X_B = \frac{f \cdot N}{F_{A.E.} \cdot q}, \quad (1)$$

where f – surface area of a single machine to be painted, m^2;

N – annual production program of the painting section, units;

$F_{A.E}$ – annual effective operating time of the equipment, h;

q – painting productivity, including loading and unloading time, m^2/h.

The number of drying booths is calculated based on the drying duration, the time required for loading and unloading a single object, the annual effective operating time of the equipment, and the number of machines dried simultaneously.

The staffing requirements are determined either according to the normative number of workers needed to service the required number of painting units, or based on the total annual labor time spent on painting operations and the annual effective working time per worker [2].

Painting sections are often located within the same building as other production areas; in such cases, they must be positioned along an exterior wall and isolated from adjacent sections by non-combustible partitions.

The floor area of the section is calculated according to the footprint of the installed equipment, taking into account working zones and passageways.

References

1. Булей І. А. Проєктування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин: навч. посібник. Київ: Вища школа, 1993. 287 с.

2. Дашивець Г. І., Дідур В. А., Бондар А. М. Проєктування сервісних підприємств: посібник-практикум. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 144 с.

Research supervisor: Dashyvets H., Ph.D., Assoc.

УДК 620.92:662.767](477)

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ДОЦІЛЬНОСТІ БІОГАЗОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

Акулов В., аспірант

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Розвиток біогазової енергетики в Україні зумовлений поєднанням двох ключових чинників: значного аграрного потенціалу держави та необхідності зниження енергетичної залежності від імпортованих викопних ресурсів. У проведених дослідженнях провідних вчених підкреслюється, що Україна має істотні можливості для виробництва біогазу з відходів тваринництва, стічних вод та органічної частини твердих побутових відходів [1]. Водночас відсутність систематизованих підходів до оцінювання енергетичних балансів біогазових установок та їх економічної ефективності стримує повноцінне впровадження цих технологій.

Біогаз як паливо характеризується вмістом метану в межах 45–70% залежно від типу субстрату, що безпосередньо визначає його теплотворну здатність та можливість використання в енергетичних установках. Енергетичний еквівалент 1 м³ біогазу становить приблизно 0,6 м³ природного газу, що дозволяє розглядати його як реальну альтернативу традиційним паливам [2]. Однак головною економічною перепоною є собівартість виробництва та очищення біогазу, оскільки технології підготовки газу можуть підвищувати його кінцеву вартість на 20…100%.

Кліматичні умови України мають істотний вплив на ефективність функціонування біогазових установок. У північних регіонах у зимовий період значна частка виробленої енергії витрачається на підтримання необхідного температурного режиму зброджування. Зокрема, для реактора об’ємом 10 м³ у зимовий період може використовуватись до 31,99% виробленої енергії лише для обігріву субстрату. Це суттєво впливає на загальний енергетичний баланс і термін окупності проєктів [3]. Водночас в умовах зростання тарифів на природний газ питання часткової або повної заміни традиційного палива біогазом стає економічно обґрунтованим. Є вже приклади впровадження біогазових технологій у промисловості, де заміщення природного газу біогазом досягало 94%, а розрахунковий термін окупності інвестицій становив близько двох років. Це свідчить про високу потенційну ефективність біогазових проєктів за умови оптимального підбору технологічних параметрів.

З урахуванням сучасних умов актуальність біогазової енергетики в Україні суттєво зросла через [4]:

- необхідність децентралізації енергопостачання;
- пошкодження енергетичної інфраструктури;
- інтеграцію України до європейського енергетичного ринку;
- впровадження механізмів декарбонізації та скорочення викидів парникових газів.

Біогазові установки можуть виступати елементами локальної енергетичної автономії

аграрних підприємств і громад. Крім виробництва електроенергії та тепла, вони забезпечують утилізацію органічних відходів. А також важливою складовою економічної та екологічної доцільності біогазових технологій є утворення дигестату - стабілізованого органічного продукту анаеробного зброджування, що зберігає більшу частину поживних елементів вихідної сировини. На відміну від сирого гною чи органічних відходів, дигестат характеризується зниженою фітотоксичністю, стабілізованою органічною речовиною та значно меншим вмістом патогенної мікрофлори. Ключовою перевагою є те, що значна частина азоту переходить в амонійну форму, яка є більш доступною для рослин порівняно з органічно зв'язаним азотом сирого гною.

У кліматичних умовах України, особливо в зонах ризикованого землеробства, дигестат: покращує структуру ґрунту, сприяє накопиченню гумусу, підвищує вологоутримувальну здатність, активізує мікробіологічну активність, зменшує потребу в мінеральних добривах. Для чорноземних ґрунтів Лісостепу та Степу внесення 25–35 т/га дигестату забезпечує часткове або повне покриття потреби в азоті під зернові культури.

Щодо екологічного ефекту - використання дигестату дозволяє [5]: зменшити викиди метану та закису азоту від зберігання сирого гною, знизити ризик забруднення ґрунтових вод нітратами, мінімізувати неприємні запахи, інтегрувати аграрне виробництво в модель циркулярної економіки. З точки зору декарбонізації, правильне управління дигестатом може знизити сумарний вуглецевий слід біогазового комплексу на 15–30%.

Це підвищує коефіцієнт використання азоту культурами на 10–25%.Таким чином, формується замкнений агроенергетичний цикл, що відповідає принципам циркулярної економіки.

Клімат України, який характеризується помірно-континентальними умовами з холодними зимами та теплим літом, потребує застосування адаптивних технологічних рішень:

- ефективної теплоізоляції реакторів;
- використання теплообмінних систем рекуперації;
- застосування когенераційних модулів;
- впровадження психрофільних або гібридних режимів зброджування;
- використання багатошарових захисних конструкцій реакторів.

У південних регіонах України, де тривалість теплого періоду є більшою, витрати на підігрів субстрату значно менші, що підвищує загальну економічну ефективність установок. Натомість у північних областях доцільно інтегрувати біогазові комплекси з теплогенеруючими системами або промисловими об'єктами, які мають надлишкове тепло.

З огляду на сучасні виклики енергетичної безпеки, можна стверджувати, що біогазова енергетика в кліматичних умовах України є технічно здійсненною та економічно доцільною за умови комплексного врахування регіональних температурних режимів, структури сировинної бази та механізмів державної підтримки.

Таким чином, ефективність біогазових проєктів визначається не лише теплотворною здатністю палива, а й системністю підходу до їх проєктування, адаптації до кліматичних умов та оптимізації енергетичних балансів. У сучасних умовах біогазова енергетика може розглядатися як стратегічний напрям підвищення енергетичної незалежності України, розвитку аграрного сектору та зменшення вуглецевого сліду національної економіки.

Список використаних джерел

1. Акулов В.Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ*. Вип. 24, т. 2. С. 27–36. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3

2. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 10, т. 1. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/11292/1/14.80 (дата звернення 19.01.2026).

3. Перспективи використання біофільтрів у біогазових установках/ О. Г. Скляр., Р. В. Скляр., Б. В. Болтянський., С. В. Сиротюк, С. В. Коробка. *Праці ТДАТУ. Технічні науки*. 2025. Вип. 25, т. 1. С. 45–53. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2025-25-1-6

4. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ*. 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104–114. https://doi.org/10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115

5. О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, А. С. Комар, В. Д. Акулов. Технологічні аспекти оптимізації біогазових установок. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2025. Вип. 15, т. 1. С. 129–135. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-15

Науковий керівник: Скляр Р. В., к.т.н., доц.

УДК 631.3:665.7

ЗАСТОСУВАННЯ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

Король М., здобувач вищої освіти СВО «Бакалавр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Аграрний сектор є однією з ключових галузей економіки України, формуючи значну частку ВВП та експортного потенціалу держави. Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств значною мірою залежить від раціонального використання пально-мастильних матеріалів (ПММ), які забезпечують роботу машинно-тракторного парку, зернозбиральної техніки, транспортних засобів та енергетичного обладнання. В умовах зростання цін на енергоносії та необхідності підвищення енергоефективності питання оптимізації застосування ПММ набуває особливої актуальності.

Основними видами пального в сільському господарстві є дизельне паливо, бензин та скраплений газ. Найбільшу частку споживання становить дизельне паливо, що використовується для роботи тракторів, комбайнів та іншої спеціалізованої техніки. Мастильні матеріали (моторні, трансмісійні та гідравлічні оливи) забезпечують зниження зношування деталей та продовження терміну експлуатації техніки.

До основних факторів, що впливають на витрати пально-мастильних матеріалів належать: технічний стан машинно-тракторного парку, дотримання агротехнологій, кваліфікація персоналу, сезонність польових робіт, якість пального та мастильних матеріалів.

Основними проблемами при використанні ПММ є: залежність від імпортних енергоресурсів, коливання цін на пальне, високий рівень зношеності техніки, недостатній контроль за нормуванням витрат, екологічні ризики, пов’язані з витоками та неправильним зберіганням ПММ.

Сучасні тенденції та інновації при використанні ПММ: впровадження систем GPS-моніторингу для контролю витрат пального, використання альтернативних видів палива (біодизель, біогаз), оновлення техніки на енергоефективну, застосування сучасних синтетичних мастильних матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Раціональне використання ПММ сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу, зниженню ризику забруднення ґрунтів і водних ресурсів та підвищенню екологічної безпеки агровиробництва.

Висновки. Раціональне застосування пально-мастильних матеріалів є важливою складовою ефективності аграрного виробництва в Україні. Підвищення енергоефективності, впровадження сучасних технологій контролю витрат та перехід до альтернативних джерел енергії сприятимуть зниженню собівартості продукції та підвищенню конкурентоспроможності аграрного сектору..

Список використаних джерел

1. Бойко В. І., Мельник Л. Ю. Пально-мастильні матеріали та їх використання в сільськогосподарській техніці : навч. посібник. Київ : Аграрна освіта, 2019. 256 с.
2. Коваленко О. В., Ткачук П. М. Енергоефективність аграрного виробництва України в умовах ринкових трансформацій. *Економіка АПК*. 2021. № 5. С. 45–52.
3. Гуцол Т. Д. Експлуатаційні матеріали та їх вплив на довговічність машинно-тракторного парку : монографія. Харків : ХНТУСГ, 2018. 312 с.
4. Скляр О. Г. Покращення експлуатаційних показників дизельного пального шляхом модифікації його складу. Харьків: ДБТУ, 2025.

Науковий керівник: Скляр О. Г., к.т.н., проф.

УДК 631.3:628.511:62-192

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ФІЛЬТРАЦІЇ ПОВІТРЯ КАБІН САМОХІДНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

Новицький Ю. А., аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Транспортно-технологічні машини (ТТМ) є невід'ємною складовою сучасного аграрного виробництва, забезпечуючи механізацію основних і допоміжних процесів у рослинництві та тваринництві. Вони застосовуються для виконання широкого спектра операцій – від обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив і засобів захисту рослин до збирання врожаю, приготування та роздавання кормів. Впровадження сучасних систем моніторингу, автоматизованого управління та фільтрації повітря підвищує ефективність їх експлуатації та забезпечує належний рівень безпеки праці операторів [1, 2].

Необхідність високоефективного очищення повітря у кабінах транспортно-технологічних машин зумовлена роботою в умовах підвищеної запиленості та контакту з токсичними речовинами [3, 4]. Для самохідних обприскувачів характерним є вплив аерозолів пестицидів, летких органічних сполук, пилу та вторинних аерозольних фракцій, що створює підвищені професійні ризики. Відповідно до досліджень, ефективність захисту оператора визначається не лише класом фільтра, а й герметичністю кабіни, стабільністю надлишкового тиску та технічним станом системи вентиляції.

Сучасні самохідні обприскувачі, зокрема виробництва John Deere (серія R4040i, R4150i), Case IH (Patriot 3340, 4440), Amazone (Pantera 4504) та HORSCH (Leeb PT), оснащуються фільтраційними системами категорії III або IV згідно EN 15695. У таких системах застосовуються: префільтри грубого очищення (затримання частинок >10 мкм); HEPA-фільтри класу H13–H14 (ефективність до 99,95 % для частинок 0,3 мкм); вугільні адсорбційні картриджі для уловлювання органічних парів; датчики перепаду тиску та контролю герметичності. Постачальниками фільтраційних елементів є, зокрема, MANN+HUMMEL та Donaldson Company, які виробляють комбіновані пиловугільні модулі з підвищеною сорбційною здатністю.

Відповідно до підходів, викладених у [2], доцільним є використання принципів резервування в системах фільтрації, зокрема: встановлення двоступеневих фільтрів тонкого очищення; застосування дублюючих вентиляторів подачі повітря; впровадження алгоритмів автоматичного перемикання режимів вентиляції. Такий підхід підвищує коефіцієнт готовності кабіни та знижує ймовірність відмови системи у пікових умовах експлуатації.

Розширені рекомендації ТО ТТМ, окрім базових регламентів, включають ряд заходів.

1. Моніторинг перепаду тиску на фільтрі з фіксацією граничних значень у

сервісній документації.

2. Щорічну перевірку відповідності кабіни вимогам ДСТУ EN 15695-1:2018 із використанням польових методів оцінювання захисного коефіцієнта [5].

3. Калібрування датчиків надлишкового тиску перед початком сезону внесення засобів захисту рослин.

4. Аналіз експериментальних даних отриманих в умовах експлуатації (мото-години, кількість циклів внесення, типи препаратів) для обґрунтування індивідуалізованих інтервалів заміни фільтрів.

5. Формування нормативного фонду запасних фільтрів відповідно до показників середнього напрацювання на відмову, що узгоджується з сервісним обслуговуванням.

Для повітряних фільтрів кабін самохідних обприскувачів обґрунтовуються рекомендації періодичності технічного обслуговування [7]:

- фільтри грубого очищення рекомендується очищати або замінювати кожні 50–100 мото-год. роботи залежно від умов запиленості;

- фільтри тонкого очищення мають змінюватися у межах 200–300 мото-год. роботи машини, але не рідше одного разу за сезон;

- вугільні фільтри втрачають сорбційні властивості після 150–250 мото-год. експлуатації, тому їх заміну доцільно проводити що-сезонно;

- виробники обприскувачів рекомендують здійснювати контроль стану фільтра перед кожним виїздом для виконання робіт, а заміну проводити при втраті герметичності чи пошкодженні корпусу.

Регламентована та обґрунтована заміна фільтрів самохідних обприскувачів дозволяє: підтримувати стабільний надлишковий тиск 20–50 Па в кабіні; знизити концентрацію пестицидних аерозолів до нормативно допустимих значень; мінімізувати професійні ризики для операторів; підвищити довговічність елементів вентиляційної системи.

Економічний ефект за умови виконання регламентованих умов полягає у зменшенні витрат на лікування професійних захворювань, скороченні простоїв та підвищенні коефіцієнта технічної готовності ТТМ [6, 7].

Подальший розвиток систем очищення повітря кабін самохідних обприскувачів пов’язаний із: впровадженням інтелектуальних сенсорних систем контролю залишкового ресурсу фільтра; інтеграцією даних про стан фільтрації в телеметричні системи машин; використанням багатошарових нанофіброві матеріалів із підвищеною селективністю; створенням цифрових моделей деградації сорбційних матеріалів. Таким чином, забезпечення ефективності фільтраційних систем кабін самохідних обприскувачів потребує комплексного підходу, що поєднує сучасні матеріали, стандартизовані регламенти ТО та методи оцінювання надійності. Реалізація запропонованих заходів сприятиме підвищенню рівня безпеки праці операторів і загальної експлуатаційної надійності транспортно-технологічних машин.

Список використаних джерел

1. Новицький А. В., Карабиньош С. С., Ружило З. В., Новицький Ю. А. Повітряні фільтри салонів транспортних засобів. *Agroexpert.* 2018. № 2. С. 82–84.

2. Novitskyi Yu. Ensuring the reliability of filtration systems for transport and processing machines by redundancy. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2024. Vol. 20(4). P. 85–95. https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2024.85

3. Anchal S., Ailawalia P., Shakuntala A. RAM (Reliability, Availability and Maintainability) of threshing machine in agriculture. *Agriculture and Natural Resources*. 2022. Vol. 55(6). P. 1057-1061.

4. Molnar G., Ahrens K., Wegener Jens K., Dittma, S., Peter E., Martin S., Schäckermann, J., Röver M. Operator exposure and cabin protection in plant protection product application. *Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 2025.* Т. 20, is. 1. P. 63–79.

5. ДСТУ EN 15695-1:2018 Сільськогосподарські трактори та самохідні обприскувачі. Захист оператора (водія) від небезпечних речовин. Частина 1. Кабіни, вимоги та

методики випробування (EN 15695-1:2017, IDT)

6. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12 (2). P. 39–47. https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.039

7. Ружило З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2016. Вип. 2. С. 223–231.

Науковий керівник: Ружило З. В., к.т.н., доц.

УДК 620.95:631.95:662.63

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ВІДХОДИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

Стоян С. А., 21МБ АІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Сільське господарство формує значний обсяг органічних залишків, які за раціонального підходу можуть розглядатися не як відходи, а як вторинний енергетичний ресурс. У структурі аграрного виробництва виділяються відходи рослинництва, тваринництва та переробної промисловості. До першої групи належать солома зернових культур, стебла кукурудзи та соняшнику, бадилля коренеплодів і некондиційна продукція. Друга група представлена гноєм великої рогатої худоби, свиней, пташиним послідом [1]. Третю становлять побічні продукти харчової та спиртової промисловості – жом, барда, меляса, дробина тощо.

Проблематика енергетичного використання сільськогосподарських відходів активно досліджується в межах концепції циркулярної економіки, декарбонізації та сталого розвитку аграрного сектору. Сучасні наукові праці зосереджені на трьох основних напрямах: оцінка ресурсного потенціалу біомаси, удосконалення технологій її перетворення на енергію та економічне обґрунтування впровадження біоенергетичних систем [2].

Дослідження ресурсної бази підтверджують значний енергетичний потенціал відходів рослинництва, тваринництва та харчової промисловості в Україні. Зокрема, узагальнені розрахунки біометанового потенціалу демонструють можливість заміщення суттєвої частки імпортованого природного газу за умови комплексної переробки органічної сировини. У технологічному аспекті наукові роботи доводять переваги анаеробного зброджування як універсального способу утилізації органічних відходів із одночасним отриманням енергії та органічного добрива [3]. Окремо наголошується на екологічних перевагах процесу, зокрема на зниженні патогенного навантаження та стабілізації органічної маси. Разом із тим, сучасні дослідження акцентують увагу на необхідності інтеграції біоенергетичних технологій у локальні енергосистеми та створення децентралізованих моделей енергозабезпечення. В умовах обмеженого доступу до газових мереж у сільській місцевості розвиток біогазових комплексів розглядається як інструмент підвищення енергетичної автономії аграрних підприємств .

Водночас наукова дискусія свідчить про наявність невирішених питань. Серед них – сезонність утворення рослинних відходів, логістичні витрати на транспортування біомаси, необхідність капітальних інвестицій та забезпечення стабільного ринку збуту біометану. Також актуальним залишається питання удосконалення нормативної бази щодо підключення біометанових установок до газотранспортної системи.

Отже, сучасні дослідження підтверджують високий потенціал аграрних відходів як

джерела енергії, проте вказують на необхідність системного підходу до їх технологічного та економічного впровадження.

Також за даними наукових досліджень лише біометановий потенціал різних видів біомаси в Україні оцінюється у десятки мільярдів кубометрів умовного палива, що є співставним з історичними обсягами імпорту природного газу. Це підтверджує стратегічне значення енергетичного використання аграрних відходів для зміцнення енергетичної безпеки держави.

Технологічні напрями перетворення сільськогосподарської біомаси на енергію включають пряме спалювання, газифікацію, піроліз, анаеробне зброджування та виробництво рідких біопалив другого покоління. Серед них особливе місце посідає анаеробне зброджування, яке дозволяє отримувати біогаз із широкого спектра органічної сировини. При цьому з 1 т гною ВРХ можливо отримати десятки кубометрів біогазу, а з енергетичних культур – у кілька разів більше. Важливою перевагою є утворення стабілізованого дигестату, що містить поживні речовини та може використовуватися як органічне добриво.

Сучасні умови вимагають комплексного аналізу не лише технічного, а й економічного аспекту використання відходів. Вартість традиційних енергоносіїв, коливання цін на природний газ та обмежений доступ до мережевої інфраструктури у сільській місцевості формують передумови для розвитку локальної біоенергетики. За даними досліджень, в умовах зростання тарифів впровадження біогазових технологій розглядається як реальна альтернатива централізованому енергопостачанню [4]. Водночас сучасний підхід до використання аграрних відходів виходить за межі традиційного виробництва тепла та електроенергії. У країнах ЄС активно розвивається виробництво біометану з подальшою подачею в газотранспортні мережі або використанням у транспортному секторі. Для України актуальним є поєднання біогазових технологій із когенераційними установками та системами очищення до рівня біометану. Це дозволяє підвищити енергетичну ефективність до 80–90 % за рахунок комплексного використання теплової та електричної енергії.

Додатковий потенціал полягає у використанні соломи та рослинних решток не лише для спалювання, а й у виробництві біопалив другого покоління, біопластиків та інших продуктів біоекономіки [5]. Світова практика демонструє перехід від концепції «відходи як паливо» до моделі циркулярної економіки, де біомаса є сировиною для інтегрованого біоенергетичного комплексу, який представляє собою комплексне підприємство, що переробляє біомасу (рослинну сировину, відходи АПК, органічні залишки) на кілька видів продукції одночасно: енергію, паливо, хімічні речовини та матеріали («відходи → енергія + добрива + матеріали + додана вартість»).

З урахуванням сучасних кліматичних викликів аграрні відходи набувають подвійного значення: з одного боку – як джерело відновлюваної енергії, з іншого – як інструмент скорочення викидів парникових газів. Анаеробне зброджування дозволяє запобігти неконтрольованим викидам метану зі сховищ гною, що має вагомий екологічний ефект.

Таким чином, сільськогосподарські відходи формують значний ресурсний потенціал для розвитку децентралізованої енергетики України. Їх раціональне використання потребує поєднання технологічної модернізації, економічного стимулювання та інтеграції у національну стратегію енергетичної безпеки. У сучасних умовах аграрна біоенергетика здатна виконувати не лише допоміжну, а стратегічну функцію у формуванні сталого енергетичного балансу країни.

Список використаних джерел

1. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Теоретичні дослідження режимів і параметрів метантенку біогазової установки. *Науковий вісник ТДАТУ* 2020. Вип. 10, т. 1. URL: http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/ 123456789/ 11292/1/14.80.pdf

2. Акулов В.Д. Шляхи підвищення енергетичної ефективності біогазової установки. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 2. С. 27–36. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2024-24-2-3

3. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. №3. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-3.

4. О. Г. Скляр, Р. В. Скляр, А. С. Комар, В. Д. Акулов. Технологічні аспекти оптимізації біогазових установок. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2025. Вип. 15. Т.1. С. 129–135 https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-15

5. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. Харків, 2015. Вип. 156. С. 649–655.

Науковий керівник: Скляр Р. В., к.т.н., доцент

УДК 631.372:665.7

ЗАЛЕЖНІСТЬ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТРАКТОРІВ ВІД ЯКОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

Волошин Т., здобувач вищої освіти СВО «Магістр»
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Надійність та довговічність машинно-тракторного парку є ключовими чинниками ефективності аграрного виробництва України. Більшість сучасних тракторів працюють на дизельному паливі, і саме його якість безпосередньо впливає на технічний стан двигуна, паливної апаратури та загальну роботоздатність техніки. В умовах високих навантажень під час польових робіт та сезонності експлуатації питання використання якісного пального набуває особливої важливості.

Роботоздатність трактора – це здатність виконувати задані функції з визначеними техніко-економічними показниками протягом установленого часу без відмов. Вона характеризується потужністю двигуна, паливною економічністю, надійністю та ресурсом роботи.

До основних показників якості дизельного пального належать: цетанове число, в'язкість, вміст сірки, температура спалаху та застигання, наявність механічних домішок і води.

Всі наведені показники впливають на роботу двигуна:

- Низьке цетанове число спричиняє ускладнений запуск і нерівномірну роботу двигуна.
- Підвищений вміст сірки призводить до корозії деталей і зменшення ресурсу двигуна.
- Наявність води та домішок викликає передчасне зношування паливної апаратури.
- Невідповідна сезонність пального може спричинити кристалізацію парафінів і зупинку техніки в зимовий період.

Використання неякісного пального збільшує витрати на ремонт, знижує коефіцієнт технічної готовності тракторів та підвищує витрати пального. Крім того, погіршується екологічна ситуація через збільшення викидів шкідливих речовин.

Для утримання енергетичних засобів в роботоздатному стані необхідно: використання сертифікованого дизельного пального, регулярний контроль якості ПММ, застосування паливних фільтрів підвищеної ефективності, дотримання умов зберігання пального, своєчасне технічне обслуговування двигунів.

Висновки. Якість дизельного пального є одним із визначальних факторів, що впливають на роботоздатність тракторів. Недотримання стандартів якості призводить до зниження надійності, збільшення експлуатаційних витрат і скорочення ресурсу техніки. Забезпечення

належного контролю якості пального та впровадження сучасних систем діагностики дозволить підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку в аграрному секторі України.

Список використаних джерел

1. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник. Київ : НУБіП України, 2017. 280 с.
2. Гуцол Т. Д., Кравчук В. І. Експлуатаційні матеріали та їх вплив на довговічність машин : монографія. Харків : Факт, 2019. 312 с.
3. Бойко В. І., Мельник Л. Ю. Пально-мастильні матеріали та їх застосування в аграрному виробництві : навч. посібник. Київ : Аграрна освіта, 2020. 256 с.
4. Скляр О. Г. Покращення експлуатаційних показників дизельного пального шляхом модифікації його складу. Харьків: ДБТУ, 2025.

Науковий керівник: Скляр О. Г., к.т.н., проф.

УДК 631.3:629.11.012.55

КОНСТРУКЦІЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Ружило А. З., аспірант
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Ефективність функціонування машинно-тракторного парку значною мірою визначається технічним станом шин як одного з найбільш навантажених і вартісних елементів ходових систем мобільних енергетичних засобів (МЕЗ) та транспортно-технологічних машин (ТТМ). Частка витрат на шини протягом життєвого циклу МЕЗ та ТТМ може становити 20–55 % її первісної вартості. Недотримання регламентованих параметрів тиску, навантаження та швидкісного режиму шин МЕЗ та ТТМ призводить до зростання інтенсивності зношування, підвищення витрат палива, погіршення керованості та ущільнення ґрунту [1, 2].

Важливою складовою експлуатаційних витрат є трудомісткість виконання шиномонтажних робіт ТТМ, яка суттєво перевищує аналогічні показники для автомобільної техніки [3]. Це зумовлено значними габаритами та масою коліс (для зернозбиральних комбайнів маса одного колеса може перевищувати 400–800 кг), необхідністю застосування вантажопідіймальних механізмів, спеціалізованих шиномонтажних стендів, пристроїв для демонтажу бортових кілець та обладнання для накачування шин великого об’єму. Трудомісткість операцій залежить від типу шини (камерна або ж безкамерна, радіальна або ж діагональна), діаметра обода, ступеня спрацювання протектора, наявності корозії або деформацій ободів. Значні витрати часу припадають на демонтаж колеса з машини, очищення посадкових поверхонь, перевірку герметичності, балансування та контроль тиску. У польових умовах трудомісткість зростає внаслідок обмеженого доступу до стаціонарного обладнання та необхідності використання пересувних сервісних засобів [4].

Розглянемо конструктивні особливості шин. Шини сільськогосподарської техніки складаються з каркаса (корду), брекера, протектора, боковини та бортового кільця. У радіальних шинах брекер є основним силовим елементом, що забезпечує жорсткість протекторної частини при збереженні гнучкості боковини.

У діагональних шинах брекер виконує допоміжну функцію, оскільки жорсткість визначається перехресними шарами каркаса. Брекер формується з: текстильного корду (поліамід, поліестер); металевого корду (сталевий дріт високої міцності); комбінованих армуючих матеріалів. У радіальних шинах брекер зазвичай складається з 2–4 шарів сталевого

корду, розташованих під малим кутом до напрямку руху. У діагональних шинах може застосовуватися текстильний або комбінований брекер.

За конструкцією каркаса розрізняють діагональні та радіальні шини. Діагональні шини характеризуються перехресним розташуванням ниток корду під кутом одна до одної. Вони мають підвищену міцність боковини та стійкість до механічних пошкоджень, однак працюють за вищого внутрішнього тиску (понад 110 кПа), мають більший опір коченню та обмеження швидкості руху (до 40 км/год). Переважно застосовуються на причіпній техніці. Радіальні шини мають нитки корду, які розташовані перпендикулярно напрямку руху. Вони формують прямокутну пляму контакту, що збільшує опорну площу та зменшує питомий тиск на ґрунт. Робочий тиск може становити 60–100 кПа, що забезпечує зниження буксування та витрат палива.

Сучасна тенденція – використання великогабаритних безкамерних радіальних шин, здатних забезпечувати підвищену гнучкість або підвищену здатність до прогину. Зазначена властивість дає можливість переносити більше навантаження за зниженого тиску. Безкамерні шини мають меншу масу, кращий тепловий режим і підвищену безпеку експлуатації, проте потребують якісного монтажу та сервісу. Шини сільськогосподарської техніки повинні забезпечувати: передавання високого крутного моменту; мінімальне ущільнення ґрунту (питомий тиск до 100–150 кПа); стійкість до бокового зміщення; самоочищення протектора; довговічність та рівномірне спрацювання; роботу у широкому діапазоні температур і швидкостей.

Дослідження показують, що одноразовий прохід важкої техніки може спричиняти втрати врожаю до 7–15%, а при багаторазовому проході – понад 20 – 25%, що обумовлює необхідність застосування шин із великою площею контакту та здвоєних коліс.

Вибір рисунка протектора визначається функціональним призначенням ТТМ та МЕЗ:

- направлений тяговий – для ведучих коліс тракторів і комбайнів;
- ребристий – для причіпної техніки, забезпечує курсову стійкість;
- мультиблоковий – для м’яких ґрунтів, мінімізує пошкодження поверхні;
- одноребристий – для роботи на перезволожених або рисових полях.

Для зернозбиральних комбайнів із масою 18–25 т доцільно застосовувати радіальні безкамерні шини великого діаметра. Задня вісь оснащується шинами меншої ширини для покращення маневрованості. Кормозбиральні комбайни, які працюють в режимі інтенсивного транспортування маси, потребують шин із підвищеною боковою жорсткістю та стійкістю до циклічних навантажень.

Конструкція та параметри шин безпосередньо впливають на продуктивність машин, паливну економічність і збереження родючості ґрунтів. Раціональний вибір типу каркаса, розміру, індексу навантаження та рисунка протектора повинен здійснюватися з урахуванням маси МЕЗ та ТТМ, агрофону, швидкісного режиму та характеру виконуваних операцій. Використання сучасних радіальних безкамерних шин великої вантажопідйомності є важливою умовою підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

У дослідженні [5] встановлено, що значна частка відмов змішувачів-роздавачів , як ТТМ, пов’язана з перевантаженням вузлів та роботою в несприятливих умовах (нерівні поверхні, циклічні динамічні навантаження). У цьому контексті перспективним є застосування: радіальних шин із підвищеною гнучкістю (IF/VF), які здатні зменшувати динамічні навантаження на раму та редуктор; шин зі збільшеною площею контакту для зниження питомого тиску на покриття ферм і силосних майданчиків; безкамерних конструкцій із покращеним тепловідведенням. Зниження ударних навантажень позитивно впливає на довговічність підшипників, валів і зварних з’єднань рами МЕЗ та ТТМ.

Список використаних джерел

1. Novitskiy A. V., Kharkovskiy I. S., Novitskiy Yu. A. Monitoring the technical condition of agricultural machinery for guideline materials for its operation. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(4). P. 85–93. https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.085

2. Ружило А. З., Новицький А. В. Характерні пошкодження автотракторних шин. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених (Запоріжжя, 05-29 лютого 2024 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. С. 245–247.

3. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair Ukraine. *Machinery and Energetics.* 2021. Vol. 12(2). P. 39–47. https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.0392

4. Ружило А. З., Новицький А. В. (2025). Забезпечення працездатності техніки: обладнання для проведення шиномонтажних робіт. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі:* Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 224–225.

5. Novitskiy A., Banni, O., Novitskyi Yu., & Antal M. A study of mixer-feeder equipment operational reliability. *Machinery & Energetics.* 2023. Vol. 14(4). P. 101–110. https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.101

Науковий керівник: Новицький А. В., к.т.н., доц.

УДК 631.8:631.452:504.054

ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЇХ НЕРАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Коренюгін Ю., 11МБАІ
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

Органічні добрива є важливим чинником підтримання та відтворення родючості ґрунтів. Вони містять макро- і мікроелементи переважно в органічній формі, активну мікробіоту та біологічно активні сполуки, що позитивно впливають на фізико-хімічні властивості ґрунту та інтенсивність біологічних процесів. До основних видів органічних добрив належать гній різних типів, торф, пташиний послід, компости, сапропель, зелені добрива та органічні відходи міського господарства [1]. Їх дія є пролонгованою і може проявлятися протягом кількох років.

Разом із тим ефективність органічних добрив безпосередньо залежить від способу їх зберігання, переробки та внесення. Нераціональне використання призводить до втрат поживних речовин, порушення мікробіологічної рівноваги ґрунту та негативного впливу на довкілля. Надмірні дози органічних добрив, як і мінеральних, можуть спричинювати накопичення нітратів у рослинній продукції [2].

За тривалого зберігання продукції нітрати перетворюються на нітрити, що мають вищу токсичність. Крім того, надлишкове внесення азотовмісних добрив активізує вимивання поживних речовин у підґрунтові води та поверхневі водойми, що викликає евтрофікацію та погіршення якості питної води. Органічні добрива впливають на реакцію ґрунтового середовища, перебіг мінералізації гумусу та активність мікрофлори [3]. За порушення норм внесення можливе локальне пригнічення біоти, посилення процесів денітрифікації та втрати азоту у вигляді газоподібних сполук. Значні втрати поживних речовин відбуваються під час зберігання та компостування без дотримання технологічних вимог, що знижує агрохімічну цінність добрив.

В умовах України проблема раціонального використання органічних добрив має особливу актуальність через: скорочення поголів’я худоби та зменшення обсягів традиційного гною; нерівномірність розміщення тваринницьких комплексів; накопичення відходів

птахівництва; активний розвиток біогазових комплексів і появу дигестату як нового виду органічного добрива; кліматичні зміни, що посилюють ризики вимивання поживних речовин. Водночас в Україні спостерігається дефіцит органічної речовини в ґрунтах і негативний баланс гумусу. Тому відмова від органічних добрив неможлива - необхідна їх екологізація та технологічна модернізація систем внесення [4].

Розв'язання проблеми екологічно безпечного використання органічних добрив вимагає системного підходу, що поєднує агрохімічні, технологічні, екологічні та економічні інструменти управління родючістю ґрунтів. Насамперед необхідним є впровадження науково обґрунтованих норм внесення органічної речовини з урахуванням агрохімічного стану ґрунтів, біологічних особливостей культур, структури сівозмін та кліматичних умов регіону. Диференційоване удобрення повинно базуватися на результатах регулярного моніторингу вмісту гумусу, рухомих форм азоту, фосфору, калію та показників кислотності.

Важливим напрямом є удосконалення технологій зберігання та підготовки органічних добрив до внесення. Облаштування герметизованих гноєсховищ, використання накриттів, систем збору та утилізації фільтрату дозволяє мінімізувати втрати азоту у вигляді аміаку, зменшити емісію парникових газів і запобігти забрудненню поверхневих та підземних вод. Раціоналізація процесів компостування з контролем температурного режиму, вологості та аерації сприяє стабілізації органічної маси та зниженню патогенного навантаження [4].

Перспективним рішенням є інтеграція органічних відходів у біоенергетичні системи шляхом їх анаеробної переробки. Використання біогазових технологій забезпечує отримання відновлюваної енергії та виробництво стабілізованого дигестату з прогнозованим складом поживних речовин. Це підвищує керованість процесів удобрення та зменшує екологічні ризики, пов'язані з прямим внесенням сирого гною чи посліду.

Суттєве значення має впровадження сучасних способів внесення органічних добрив - локального, стрічкового або інжекторного - що забезпечують більш повне використання поживних речовин рослинами та знижують їх втрати внаслідок поверхневого стоку чи випаровування. Поєднання органічних і мінеральних компонентів у межах інтегрованих систем удобрення дозволяє підтримувати оптимальний баланс елементів живлення без перевищення екологічно допустимих навантажень на агроекосистему [3,5].

Так, розвиток виробництва регіональних органо-мінеральних добрив є одним із стратегічних напрямів підвищення ефективності використання ресурсів аграрного сектору та забезпечення екологічної безпеки землеробства. Йдеться про створення добрив, що поєднують органічну складову (гній, компости, пташиний послід, дигестат, сапропель, рослинні рештки, відходи переробки сільськогосподарської продукції) з мінеральними компонентами (фосфоритне борошно, калійні солі, мікроелементи) з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей конкретного регіону.

Виробництво регіональних органо-мінеральних добрив органічно вписується в модель циркулярної економіки, оскільки: зменшує обсяг відходів агропромислового комплексу; перетворює відходи на ресурс; сприяє локальному енергетичному та агрохімічному самозабезпеченню; формує додану вартість у межах регіону. Особливо перспективним є поєднання біогазових комплексів із виробництвом гранульованих органо-мінеральних добрив на основі дигестату [5].

На рівні державної аграрної політики доцільним є формування нормативно-правової бази щодо регламентування використання органічних добрив, удосконалення системи екологічного контролю та стимулювання господарств до впровадження ресурсозберігаючих технологій. Комплексна реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню ефективності використання органічної речовини, відтворенню родючості ґрунтів та мінімізації негативного впливу на довкілля в умовах трансформації аграрного сектору України.

Тому, органічні добрива є необхідним елементом сталого землеробства, проте їх нераціональне використання здатне спричинити забруднення вод, накопичення нітратів у продукції та порушення ґрунтової екосистеми. В умовах України пріоритетом має стати перехід від екстенсивного використання гною до інтегрованих біотехнологічних систем

переробки та точного землеробства. Поєднання агрохімічного моніторингу, сучасних способів переробки відходів і регламентованого внесення дозволить мінімізувати екологічні ризики та забезпечити відтворення родючості ґрунтів на довгострокову перспективу.

Список використаних джерел

1. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біоконверсні технології прискореної переробки відходів тваринництва в екологічно безпечні добрива. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2021. Вип. 11, т. 2. №3. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-2-3

2. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Переробка рідкого гною на добрива: сучасні технології та екологічна ефективність. *Технічний прогрес в АПК*: матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 146-147.

3. Болтянський Б., Сиротюк С., Коробка С., Стукалець І. Аналіз методів удосконалення процесу переробки органічних відходів тваринництва у метантенках. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету.* 2024. Вип. 14(1). https://doi.org/10.32782/2220-8674-2024-24-1-6

4. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2015. Вип. 156. С. 649-655.

5. Войтов В. А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. *Праці ТДАТУ*. 2019. Вип. 19, т. 4. С. 100-109. https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-4-100-109

Науковий керівник: Скляр О. Г., к.т.н., професор

Наукове видання

Технічне забезпечення
інноваційних технологій в
агропромисловому комплексі

Матеріали
VI Міжнародної науково-практичної
конференції молодих учених
02-27 лютого 2026 р.

Відповідальний за випуск: Є. І. Ігнатьєв, ст. викладач кафедри Експлуатації та технічного сервісу машин Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.
Редактор: *Є. І. Ігнатьєв.*
Дизайн і верстка: *А. С. Комар.*

Адреси для листування:
69600, Україна, Запорізька обл., м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66
E-mail: ***tssapk@tsatu.edu.ua***
Сайт конференції: ***https://sites.google.com/tsatu.edu.ua/etsm-stud-conf***

Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст представлених матеріалів

© ТДАТУ, 2026