



Сумський національний аграрний університет



Національний технічний університет «ХП»



Політехніка Свентокржинська в Кельцах (Польща)



ТОВ «ТРИЗ»



Сумський державний університет



Державний біотехнологічний університет



Українська технологічна академія



ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНДУСТРІЇ 5.0

Збірник тез за матеріалами 31^{ої} міжнародної науково-
практичної конференції
(21-23 жовтня 2025 р.)

Частина 1

Секції: «Інноваційні технології на транспорті»,
«Інноваційні технології в сільському господарстві»,
«Інноваційні технології в харчовій промисловості»,
«Інноваційні технології в промисловості»

Суми – 2025

Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 31-ої міжнародної науково-практичної конференції (21-23 жовтня 2025 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2025 - 177 с.

Збірник містить тези доповідей, присвячені питанням впровадження інноваційних технологій в промисловості, агропромислового комплексу, транспорті, економіці і методики викладання у ВНЗ.

Вірченко М. І., магістрант, Жигилій Д. О., к.т.н., доц., СумДУ, м. Суми, Україна

РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ БОКОВИХ КУСАЧОК

Вступ. Класичні різальні плоскогубці з одним шарніром мають обмежений механічний вигравш. Сучасні інженерні рішення, такі як подвійні шарнірні або кулачкові механізми, дозволяють значно збільшити силу різання та зменшити зусилля користувача. Прикладом є бокорізи Knipex TwinForce, що завдяки подвійному шарніру забезпечують на 50% легше різання. Метою даної роботи є розробка та верифікація методології комп'ютерного моделювання таких складних механічних систем для їх подальшого аналізу та раціонального конструювання.

Об'єкт та методологія дослідження. Об'єктом дослідження є високопродуктивні бокові кусачки з подвійним шарнірним механізмом. Для аналізу було розроблено гібридну скінченно-елементну модель у середовищі Ansys Workbench. Такий підхід передбачає поділ компонентів на два типи:

Гнучкі тіла (flexible): ключові деталі, для яких необхідний аналіз напружено-деформованого стану (НДС), моделюються з використанням скінченно-елементної сітки.

Жорсткі тіла (rigid): компоненти, деформації яких є нехтовно малими, моделюються як тіла з масово-інерційними характеристиками без сітки, що суттєво знижує обчислювальні витрати.

Формування кінематичної схеми виконувалося комбінованим методом: автоматична генерація з'єднань з подальшою ручною корекцією та специфікацією їхніх типів, зокрема, обертових шарнірів (revolute joints).

Верифікація та аналіз. Ключовим етапом роботи стала попередня верифікація кінематичної моделі за допомогою інтерактивного інструменту «Configure tool». Це дозволило перевірити коректність рухливості механізму та виявити помилки у зв'язках ще до запуску основного, ресурсомісткого розрахунку.

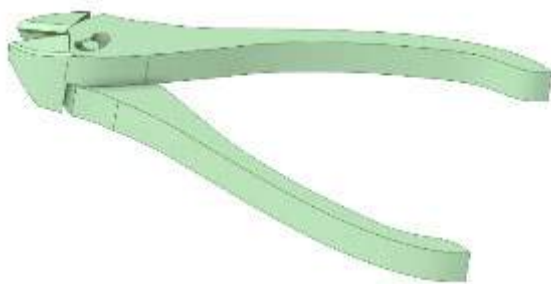


Рисунок 1 – Твердотільна модель високопродуктивних бокових кусачок

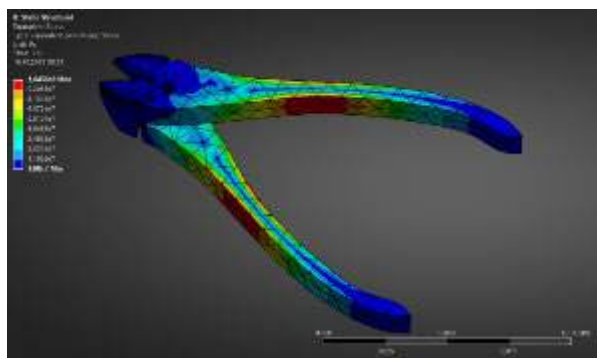


Рисунок 2 – Розподіл динамічних напружень за ван Мізесом для скінченно-елементного аналізу високопродуктивних бокових кусачок

Модель також враховує нелінійні ефекти, такі як механічні обмежувачі руху (stops) та фіксатори (locks), що вимагає активації режиму аналізу великих деформацій. Формальна перевірка системи виконувалася за допомогою інструменту «Joint DOF Checker» для контролю кількості вільних ступенів свободи. Аналіз результатів проводився інструментом «Probe tool», що дозволяє отримати кількісні дані про сили та моменти в кожному шарнірі протягом усього циклу роботи інструмента.

Висновки. Розроблена методологія та створена гібридна симуляційна модель є ефективним інструментом для інженерного аналізу та раціонального конструювання складних бага-

токомпонентних механізмів. Вона дозволяє не лише точно моделювати кінематику, але й аналізувати напружено-деформований стан критичних елементів, оцінювати навантаження в з'єднаннях та оптимізувати конструкцію для досягнення максимальної продуктивності та ергономічності.

Постолатій В.В., аспірант, Сумський національний аграрний університет

ЗАСТОСУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ

В Україні, а також в країнах ближнього і дальнього зарубіжжя використовуються мільйони одиниць сільськогосподарської техніки, включаючи таку техніку, як трактори, зернозбиральні комбайни, прес-підбирачі, обприскувачі, борони та багато інших необхідних механізованих знарядь для сучасного сільського господарства. Життєво важливими для продуктивності цих машин є деталі, виготовлені з алюмінієвих сплавів, які відомі своєю легкою вагою та високою міцністю. Деталі, що обрані завдяки їхнім матеріальним характеристикам, довговічності, стійкості до корозії, легкій вазі та точним профілям, виготовленим з найвищими допусками, знайшли широке застосування у виробництві сільськогосподарської техніки.

Сучасні сільськогосподарські трактори використовують алюмінієвий сплав у конструкції своїх кузовів та деяких компонентів, дотримуючись балансу між збереженням достатньої міцності та зниженням споживання палива. Легка вага алюмінієвих сплавів забезпечує сільськогосподарській техніці більшу маневреність та експлуатаційну гнучкість, що дозволяє фермерам ефективно виконувати різні сільськогосподарські завдання та тим самим підвищувати ефективність сільськогосподарського виробництва.

Крім того, алюмінієві сплави широко використовуються в корпусах та зовнішніх конструкціях сільськогосподарської техніки, включаючи плуги, культиватори та обприскувачі. Це не тільки зменшує загальну вагу, але й підвищує стійкість до корозії та подовжує термін служби техніки. Одночасно висока міцність алюмінієвих сплавів забезпечує стабільну роботу техніки в суворих умовах, зменшуючи частоту технічного обслуговування та заміни компонентів.



Рисунок 1 - Ручний алюмінієвий культиватор типу "Ніж" призначений для розпушування ґрунту, підрізання коренів і видалення сорних рослин

Ще одним важливим застосуванням алюмінієвих сплавів у сільськогосподарському секторі є іригаційне обладнання (рис. 2). Сучасне сільське господарство значною мірою залежить від ефективних іригаційних систем, і алюмінієві сплави чудово підходять для виготовлення труб та фітінгів для іригаційного обладнання. Алюмінієві сплави мають корозійну стійкість, витримують хімічну ерозію ґрунту та подовжують термін служби іригаційних сис-

тем. Крім того, іригаційне обладнання, виготовлене з алюмінієвих сплавів, є легким, що спрощує встановлення та обслуговування, а також зменшує робоче навантаження на фермерів, тим самим підвищуючи ефективність зрошення.



Рисунок 2 - Застосування алюмінієвих сплавів у іригаційному обладнанні

Алюмінієві сплави також широко використовуються в сільськогосподарських транспортних засобах та обладнанні, включаючи сільськогосподарські вантажівки, причепа та транспортні засоби для перевезення техніки (рис. 3). Використання алюмінієвих сплавів у цих сферах застосування робить транспортування більш ефективним та паливноекономічним, збільшуючи вантажопідйомність та знижуючи транспортні витрати. Легкі властивості алюмінієвих сплавів сприяють підвищенню паливної ефективності, зменшенню викидів вуглецю та зносу транспортних засобів, тим самим подовжуючи термін їх служби.



Рисунок 3 - Застосування алюмінієвих сплавів в сільськогосподарських транспортних засобах

Широке застосування алюмінієвих сплавів у сільськогосподарському обладнанні та машинах суттєво вплинуло на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Легкі характеристики алюмінієвих сплавів роблять сільськогосподарську техніку більш маневреною та зручною в експлуатації. Фермери можуть ефективно виконувати різні завдання, зменшуючи потребу в ручній праці. Крім того, стійкість до корозії та висока міцність алюмінієвих сплавів подовжують термін служби обладнання, знижуючи витрати на обслуговування та підвищуючи надійність і безпеку.

Таким чином, широке використання алюмінієвих сплавів у сільськогосподарському обладнанні та машинах зробило суттєвий внесок у підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Завдяки постійному технологічному прогресу, алюмінієві сплави й надалі сприятимуть розвитку модернізації сільського господарства, пропонуючи більш ефективні та стійкі рішення для сільського господарства, а також забезпечуючи стабільність постачання продовольства. Алюмінієві сплави вже стали невід'ємною частиною сучасного сільського господарства та продовжуватимуть відігравати ключову роль у майбутньому.

РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ЗВАРНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ БАЛОНІВ ТИСКУ

Вступ. Посудини високого тиску є критично важливими компонентами у багатьох галузях промисловості. Забезпечення їхньої конструкційної цілісності та безпеки є першочерговим завданням на етапі проектування. Метод скінченних елементів (МСЕ) є потужним інструментом для моделювання та аналізу поведінки таких складних систем під дією експлуатаційних навантажень.

Метою даної роботи є аналіз застосування процедури статичного структурного аналізу для оцінки напружено-деформованого стану (НДС) типової посудини високого тиску, виготовленої з конструкційної сталі.

Методологія дослідження.

Геометрична модель. Для аналізу була використана тривимірна твердотільна модель посудини високого тиску, створена в середовищі Design Modeler. Модель має один основний вхідний отвір та декілька вихідних портів для робочої рідини. Конструкція передбачає специфічну орієнтацію для монтажу.

Граничні умови та навантаження. Для адекватного моделювання реальних умов експлуатації було визначено наступні граничні умови:

Опори (Supports):

Жорстке закріплення (Fixed Support): Дві основні фланцеві поверхні, призначені для монтажу, моделюються як жорсткі опори. Для цих поверхонь задано умову повного обмеження всіх шести ступенів свободи (три лінійних та три кутових переміщення).

Часткове закріплення: Третій великий фланець моделюється як опора з обмеженими переміщеннями. Було зроблено припущення, що переміщення вздовж осей Y та Z заблоковані, тоді як переміщення вздовж осі X є вільним. Важливо зазначити, що для реального аналізу тип та розташування опор повинні точно відповідати фізичній конструкції.

Навантаження (Loads):

Внутрішній тиск (Pressure): На всі внутрішні поверхні посудини було прикладено рівномірний тиск величиною 20 МПа. Для вибору внутрішніх поверхонь було використано інструмент площини перерізу (Section Plane), що дозволило отримати доступ до внутрішньої геометрії моделі.

Гравітаційне навантаження (Standard Earth Gravity): Для врахування власної ваги конструкції було додано стандартне прискорення вільного падіння ($9,81 \text{ м/с}^2$), спрямоване вздовж позитивного напрямку осі Y.

Скінченно-елементна сітка. Початкова автоматично згенерована сітка характеризувалася великим розміром елементів, що могло призвести до зниження точності результатів. Для підвищення точності було застосовано локальне згущення сітки (Refinement) в зонах очікуваної концентрації напружень, зокрема на поверхнях біля фланцевих з'єднань та отворів.



Рисунок 1 – Твердотільна модель горизонтального металевих балону тиску

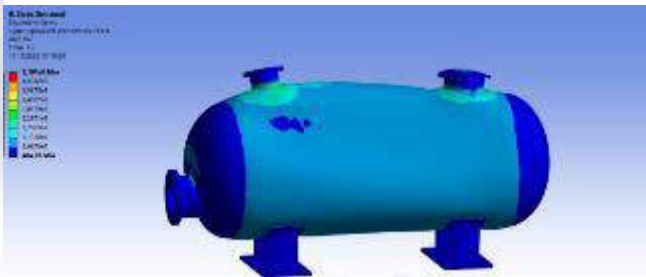


Рисунок 2 – Розподіл динамічних напружень за ван Мізесом для скінченно-елементного аналізу горизонтального металевих балону тиску

Матеріал. Для моделі було використано стандартний матеріал з бібліотеки програмного забезпечення — конструкційна сталь (Structural Steel) з типовими механічними властивостями.

Результати та їх обговорення. *Аналіз деформацій.* Аналіз загальних деформацій (Total Deformation) показує, що максимальні переміщення спостерігаються в центральній частині корпусу посудини, що зумовлено дією внутрішнього тиску. Мінімальні деформації (нульові) зафіксовано на жорстко закріплених поверхнях. Максимальна величина деформації склала 2.6 мм. Цілісність конструкції переміщується в напрямку осі X, що є наслідком заданої свободи переміщення на одній з опор. Для візуалізації використовувався збільшений масштаб; в істинному масштабі (True Scale) деформації є незначними.

Аналіз напружень. Аналіз еквівалентних напружень за критерієм фон Мізеса (Equivalent von Mises Stress) виявив зони концентрації напружень. Максимальні напруження виникають в областях переходу від корпусу до жорстко закріплених фланців. Максимальне значення еквівалентних напружень досягло 517 МПа.

Висновки. Проведений статичний структурний аналіз дозволив визначити напружено-деформований стан посудини високого тиску під дією робочих навантажень.

Максимальна деформація конструкції становить 2,6 мм і спостерігається в центральній частині корпусу. Максимальне еквівалентне напруження досягає 676 МПа і локалізується в зонах кріплення.

Ключовим етапом для оцінки безпеки конструкції є порівняння отриманого максимального напруження (676 МПа) з межею текучості та границею міцності обраного матеріалу (конструкційної сталі). Якщо розрахункові напруження перевищують допустимі значення, конструкція вважається незадовільною і потребує модифікації.

Дослідження підкреслює критичну важливість коректного визначення граничних умов, оскільки вони безпосередньо впливають на точність та достовірність результатів моделювання.

УДК 621.9.07

Басов А.С., студент; Орлов Р.О., аспірант; Кушніров П.В., доцент; СумДУ, Суми

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ «PRIVOD» ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КІЛЬЦЕ»

Спеціалізована комп'ютерна програма «Privod» версії 3.0 (розробники – Дмитро Сіротенко та Павло Кушніров) дозволяє в режимі діалогу з користувачем здійснити розрахунки основних параметрів пневмо- та гідроприводів.

Спочатку обирають тип приводу за видом робочого середовища (пневматичний, гідравлічний). Наступний етап роботи з програмою – вибір типу пневмо- або гідроприводу за видом робочої ланки (поршневий, мембранний). Далі здійснюється вибір типу пневмо- або гідроприводу в залежності від напрямку дії робочого середовища (односторонньої чи двосторонньої дії). Для пневмо- та гідроциліндрів обирають також вид приводу в залежності від кількості штоків (з одностороннім штоком чи з двостороннім штоком). Для пневмокамер пропонують обрати тип мембрани (діафрагми) – тарілчаста чи плоска. Після цього потрібно визначитися з матеріалом мембрани (діафрагми) – гума чи прогумована тканина. Здійснюємо також вибір типу приводу в залежності від розміщення робочої порожнини – зі штоковою робочою порожниною або з безштоковою робочою порожниною. Задаємо кількісні параметри – силу на штоці, передатне відношення, величину робочого тиску стиснутого повітря, величину сили опору поворотної пружини (якщо вона використовується), величину коефіцієнта корисної дії, що враховує втрати в пневмо- або гідроциліндрі.

Програма «Privod» далі розраховує основні параметри приводу (діаметр діафрагми-мембрани, діаметр штока, величину робочого ходу та ін.). Результати розрахунків виводяться на екран монітора та можуть бути виведені на друк. Продемонструємо використання програ-

ми на прикладі деталі «Кільце», що призначене для з'єднання трубопроводів кондиціонерів. Знайдемо необхідну силу закріплення «Кільця» при проектуванні верстатного пристрою на технологічну операцію комплексну з ЧПК. Цю силу забезпечують використанням механізованого приводу, наприклад, пневмокамери. Отримані за допомогою програми «Privod» параметри пневмоприводу такі: для робочого тиску повітря 0,4 МПа та сили закріплення $W = 3500$ Н маємо діаметр мембрани (діафрагми) – Ø125 мм; діаметр штока – Ø16 мм, діаметр опорного диска – Ø87 мм; хід штока – 26 мм (див. рисунок 1).

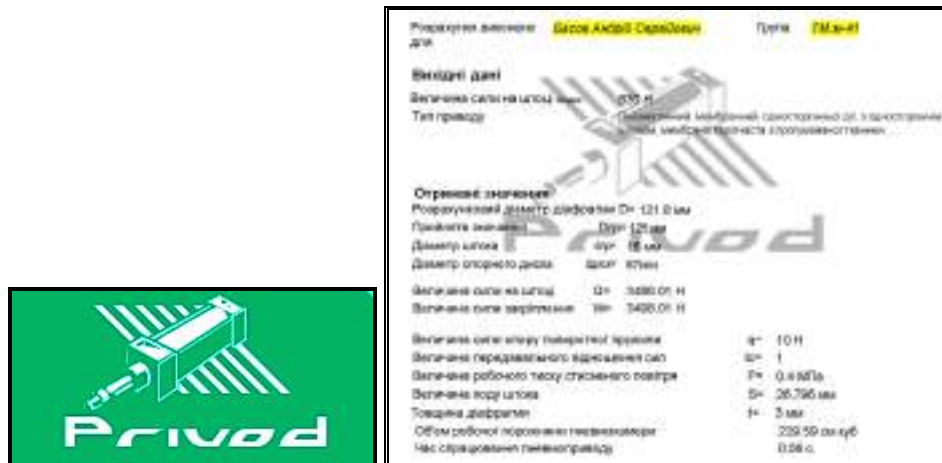


Рисунок 1 – Параметри пневмоприводу для закріплення деталі «Кільце»

Розглянута комп'ютерна програма дозволяє істотно скоротити час розрахункових робіт та одержати точну інформацію про основні параметри механізованих приводів.

Дермельов А. М., магістрант, Жигилій Д. О., к.т.н., доц., СумДУ, м. Суми, Україна

РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ТРИКОЛІСНОГО ВЕЛОМОБІЛЯ НА ЕЛЕКТРОПРИВОДІ

Робота присвячена процесу розробки та оптимізації конструкції триколісного електро-мобіля (трайка) за допомогою сучасних систем автоматизованого проектування (CAD/CAE), зокрема в середовищі Autodesk Inventor. Головна ідея роботи – показати ефективність інтегрованого параметричного підходу, коли весь процес, від створення 3D-моделі до аналізу її міцності, відбувається в єдиному програмному середовищі.

Сучасні інженерні програми мають величезний функціонал, тому ключовим завданням стає вибір оптимальної послідовності дій – так званої «траєкторії проектування». Задача розв'язується на основі створення параметричної моделі трайка. Змінюючи ці змінні, можна миттєво перебудовувати всю модель. Модель є інтегрованою, оскільки тривимірна геометрія (CAD) тісно пов'язана з розрахунковими моделями для аналізу (CAE).

За методологією дослідження було створено детальну 3D-модель основних систем трайка: несучої рами, вузлів передньої та задньої підвісок. Рама змодельована як зварна трубна конструкція. Проведено динамічний аналіз: у програмному модулі Динамічне Моделювання було змодельовано рух електро-мобіля через перешкоду («лежачий поліцейський») на швидкості 5 км/год. Це дозволило визначити сили та навантаження, що діють на елементи конструкції в найнебезпечніший момент.

Робота продовжується аналізом міцності: отримані динамічні навантаження були використані для скінченно-елементного аналізу (FEA) міцності. Автори розрахували напружено-деформований стан найбільш навантажених деталей рами.

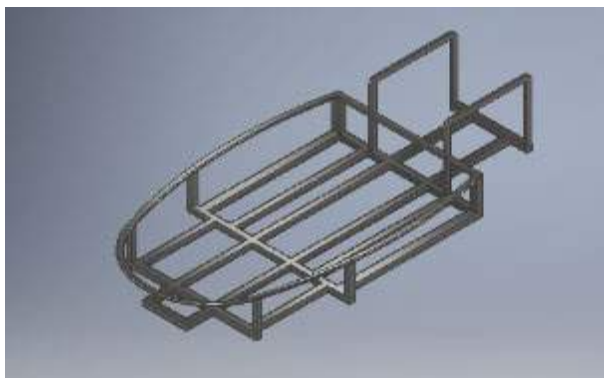


Рисунок 1 – Несуча рама

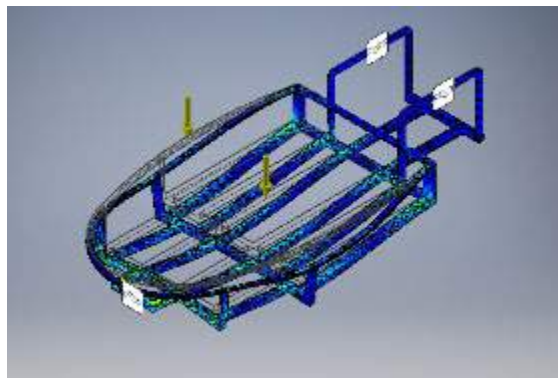


Рисунок 2 – Розподіл динамічних напружень за ван Мізесом для скінчено-елементного аналізу несучої рами в середовищі Inventor

Результатами роботи є зниження маси конструкції (матеріаломісткості) за умови збереження її міцності. Початкова маса рами та підвісок становила 107 кг. Шляхом варіантного проєктування (зміни параметрів моделі та перевірки результатів) масу вдалося знизити на 6,4 %. Розрахунок показав, що максимальні динамічні напруження в елементах конструкції (до 232 МПа в рамі) не перевищують межу текучості для маловуглецевої сталі, з якої вона виготовлена.

Зроблено висновки, що розроблений підхід дозволяє ефективно проєктувати та оптимізувати складні технічні системи. Конструкція трайка задовольняє умови міцності. Максимальні напруження в рамі мають локальний характер і їхнє положення може непередбачувано змінюватися при зміні параметрів, що потребує додаткового аналізу. Робота має стати основою для переходу від ручного варіантного проєктування до автоматичної параметричної оптимізації за масою.

УДК 621.9.01

Кушніров П.В., к.т.н., доцент, Фурманов Є.О., студент, СумДУ, Суми, Україна,
Динник О.Д., к.т.н., доцент, ВСП «Класичний фаховий коледж СумДУ», Конотоп, Україна

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ В СТРУКТУРНИХ ТА СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

У сучасних природничих і технічних науках структурні та системні методи посідають важливе місце як ефективний інструмент аналізу складних об'єктів і процесів. Подальший розвиток системно-структурного моделювання необхідний для вдосконалення методів оптимізації структур технологічних процесів, технологічних систем та технологічних операцій.

На сьогодні можна виділити три ключові напрямки системних досліджень: структурно-функціональний аналіз, структуралізм та системний підхід. Кожен із них фокусує увагу на різних аспектах об'єкта як системи (рисунок 1).



Рисунок 1 – Три основні напрямки системних досліджень

Структурно-функціональний аналіз орієнтується на вивчення складних об'єктів через їх функції у межах більшої системи. Завдяки цьому формується цілісне уявлення про об'єкт на основі взаємозв'язку функцій, тоді як структура вважається заданою або постульованою.

Структурні дослідження (структуралізм) спрямовані на осмислення цілісності об'єктів і систем, розширення уявлень про типи зв'язків та рівні їхньої організації. Центральне місце тут займає поняття структури, що розкриває ієрархічну природу складних систем. Основну увагу приділено класифікації типів зв'язків, тоді як функціональна сутність частин структури вивчається лише побічно.

Системний підхід є найбільш всеосяжним, оскільки охоплює поняття структури, функції, зв'язку та інших складових. Це комплексний метод дослідження складних об'єктів, який дозволяє розглядати їх як цілісні системи у взаємозв'язку всіх елементів.

Особливе місце у системних дослідженнях посідає кібернетика – наука про керування, яка вивчає регулятивні аспекти функціонування систем. Однак, на відміну від кібернетики, системний підхід охоплює не лише регуляцію, а й інші сторони організації та дії об'єкта.

Становлення системного підходу зумовлене розвитком двох взаємопов'язаних тенденцій у науці – аналізу та синтезу. В останні десятиліття саме синтетичні побудови набувають особливої ваги, оскільки дозволяють встановлювати зв'язки між окремими фактами та явищами. Таким чином, системний підхід можна розглядати як вихідний етап системного аналізу – фазу якісного осмислення проблеми та формулювання наукових завдань. Отже, системний підхід – це метод комплексного вивчення складних об'єктів, тому його вважають найбільш вдалим для системних досліджень.

*Клишкін М.Г., Рева В.Б., Рижков М.Г., Руденко В.В., Шевченко В.І., Турчин О.О.,
Васильченко В.О., Матяш В.Г., магістранти, СНАУ, м. Суми, Україна*

ОСНОВНІ ВИДИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН. ЧАСТИНА 1. ЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ПРАЦЮЮЧИХ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Серед деталей гідромашин найбільшого ерозійного тиску піддаються деталі насосів для транспортування введених речовин. Вони застосовуються в гідротехнічному і транспортному будівництві, в сільському господарстві, в металургійній, горнорудній, вугільній, хімічній, харчовій, деревообробній промисловості та в ряду інших галузей.

Незважаючи на широке застосування цих гідромашин, вартість транспортування одиниць обсягу гідроабразивних матеріалів ще досить висока. Це пояснюється, головним чином, тим, що робочі органи насосів виготовляються з матеріалів, які мають низьку ерозійну міцність, внаслідок чого вони швидко руйнуються і виходять із ладу. Ремонт і заміна їх вимагають складного обладнання і значних витрат на матеріали, монтаж і обслуговування.

Гідроерозії піддається проточна частина робочого колеса і відводу, зовнішні поверхні дисків колеса, примикаючи до них поверхні кришки або корпусу і щитового ущільнення, розташовані на всмоктувальній стороні насоса.

Насоси, які використовуються у сільському господарстві, — це насоси високого тиску, які допомагають перекачувати воду з одного джерела (підземного чи поверхневого) на поля. Ці насоси призначені для забору води практично з будь-якої глибини. Сільськогосподарські водяні насоси пропонують численні переваги, які підвищують продуктивність, зберігають воду та забезпечують надійність врожайності, пропонуючи низькі вимоги до обслуговування. Деталі насосів, що перекачують абразивні рідини, в результаті ерозійного тиску виходять зі ладу після кількох місяців експлуатації. Застосування деяких нержавіючих сталей для виготовлення деталей проточної частини насосів кілька збільшує термін їх служби, однак ерозійний обсяг деталей все ще залишається значущим.

Практика експлуатації гідромашин показала, що конструктивні методи боротьби з еро-

зійним обсягом не завжди дають позитивні результати і є тільки одними з шляхів, збільшуючи термін служби деталей цієї машини. У цьому випадку більший ефект отримується від раціонального вибору конструкційного матеріалу або застосування ефективного способу укріплення деталей робочої поверхні. Тому розробка технологій нанесення ерозійних покриттів є найбільш актуальною.

Проблеми і підвищення довговічності деталей трубної арматури

Трубна арматура, далі клапани мають вирішальне значення в сільському господарстві, оскільки вони контролюють рух води, добрив та інших важливих рідин. Завдяки хорошим клапанам фермери можуть забезпечити свої культури потрібною кількістю води та поживних речовин у потрібний час. Це дійсно може допомогти культурам краще рости та збільшити кількість вироблених продуктів. Крім того, використання найкращих клапанів може зробити сільське господарство простішим та ефективнішим, заощаджуючи час і гроші.

Запобіжні клапани є життєво важливими компонентами промислових систем, призначеними для запобігання ситуаціям надлишкового тиску, які в іншому випадку могли б призвести до катастрофічних аварій, пошкодження обладнання та загроз безпеці [1 - 3]. Їхня роль дуже важлива для підтримки цілісності процесів у таких галузях, як нафта і газ, хімічне виробництво, виробництво електроенергії транспорт та виробництво АПК [4-6]. Згідно з Американським товариством інженерів-механіків (ASME), запобіжний клапан визначається як пристрій, який автоматично випускає речовину з котла, резервуара під тиском або інших систем, коли тиск перевищує встановлені межі, забезпечуючи безпеку та надійність експлуатації. Діючи як механізм скидання тиску, ці клапани служать останньою лінією захисту в системах під тиском, захищаючи не лише обладнання, але й персонал та навколишнє середовище від потенційно небезпечних аварій.

Оскільки як ущільнювальна поверхня клапана, так і поверхня сідла покриті твердими матеріалами, клапан включає корпус клапана та пластину, тоді як вузол сідла складається з корпусу сідла та регульовального сопла. На рисунку 1 показано складання цих двох компонентів, що типово для нагнітальних клапанів [7].



Рисунок 1 - Компоненти напірного клапана: (а) пластинчастий вузол та (б) вузол сідла [7]

Широкий спектр наукової літератури [7-9] присвячено опису та аналізу клапанних систем.

Технологічний прогрес у проектуванні та експлуатації запобіжних клапанів створює як можливості, так і виклики. Наприклад, хоча традиційні запобіжні клапани еволюціонували для роботи з високим тиском та агресивними середовищами, сучасна промисловість вимагає ще більшої продуктивності, особливо з точки зору автоматизації та прогнозного моніторингу. Розумні запобіжні клапани, оснащені датчиками та інтегровані зі штучним інтелектом (ШІ), стають невід'ємною частиною Індустрії 4.0, що дозволяє здійснювати моніторинг у режимі реального часу та прогнозне обслуговування [10, 11]. Крім того, досягнення в матеріалах, таких як корозійностійкі покриття та високоєфективні сплави, значно покращили довговічність та надійність запобіжних клапанів в екстремальних умовах [12-16]. Незважаючи на ці покращення, залишається актуальною проблема збалансування експлуатаційної надійності

з потребою в інноваціях, особливо в галузях, що вимагають високої продуктивності в складних умовах, таких як високі температури та агресивні або небезпечні рідини.

Види зносу, що виникають під час роботи клапана

Через часте відкривання та закривання, а також ерозію рідкого середовища, знос клапанів зазвичай класифікують на такі типи [3-5].

Адгезивний знос

Адгезійне зношування зазвичай виникає внаслідок ковзання між металами. Коли два шматки металу стискаються разом, нерівні поверхні стикаються одна з одною, утворюючи точки контакту. Під час ковзання з'єднання руйнуються, утворюючи нові з'єднання, які зрештою утворюють абразивні частинки. Знос матеріалів збільшує розмір допустимого відхилення деталей, що призводить до протікання та пошкодження механізму закриття клапана. Крім того, сміття, особливо великі частинки, що утворюються внаслідок стирання або адгезії, заклинюють рухомі частини клапана та виводять його з ладу.

Абразивний знос

Абразивне зношування виникає, коли тверді частинки ріжуть матеріали під навантаженням. Тверді частинки, такі як пісок, глинозем, карбіди тощо, тиснуть на поверхню м'якого металу під нормальним навантаженням, і під час ковзання утворюється канавка, що утворює стоншення металу.

Ерозійний знос

Ерозійне зношування – це особлива форма абразивного зношування, спричинена ріжучим ефектом частинок, що знаходяться у зваженому стані в рідині під дією кінетичної енергії. Воно виникає на клапанах, що використовуються для подачі давніх твердих речовин, таких як закриті воронкоподібні клапани, що використовуються для транспортування шламу, або в системах подачі доменної печі.

Корозійний знос

Якщо зношена поверхня піддається хімічній корозії, виникне корозійне зношування. Більшість корозійностійких сплавів спочатку утворюють захисний шар твердої хімічної корозії, який може зношуватися під час ковзання поверхні, а вплив металу на навколишні агресивні середовища збільшує швидкість зношування.

Знос поверхні від втоми

Явище поверхневого зношування від втоми можна спостерігати, коли замкнена колія багаторазово ковзає або котиться. Оскільки тріщини на поверхні деталі або поверхні розширюються під впливом багаторазових циклічних навантажень, втома зазвичай утворює ямки на поверхні. Поверхневе зношування від втоми зазвичай виникає в елементах кочення, таких як підшипники, шестерні та інші деталі.

Фретінгове зношування спричинене вібрацією крихтих дотичних, які утворюють оксидні залишки зносу, тому оксид спричиняє подальше зношування, як і абразивне зерно.

Кавітація

Кавітація виникає, коли раптова зміна тиску призводить до зтягування рідини всередину. Вона з'являється на гідрокрилі, парових клапанах та паритеті прозорості пари. Механічний вплив схлопування бульбашки призводить до утворення отворів на поверхні металу, і цього зносу зазвичай можна уникнути, правильно проектуючи клапан, щоб мінімізувати падіння тиску. Парові кульові клапани зазвичай схильні до цього стирання. Хоча така конструкція неминуча, і деяке сплави на основі кобальту можна використовувати як деталь матеріалу для зменшення корозії паром, тоді вартість клапана зростає.

Таким чином, аналіз умов роботи трубої арматури показав, що її деталі підлягають: адгезійному, абразивному, кавітаційному та іншим видам зносу. Відмічено, оскільки галузі промисловості зосереджуються на вуглецевій нейтральності та сталому розвитку, попит на екологічно чисті клапани зростає.

Проблеми і підвищення довговічності деталей насосів

Сільськогосподарські насоси відіграють вирішальну роль у сільському господарстві, слугуючи важливими інструментами для ефективного переміщення води з одного місця в

інше. Ці насоси в основному використовуються для зрошення, забезпечуючи сільськогосподарські культури необхідною кількістю води, особливо в регіонах з непередбачуваними умовами опадів. Окрім зрошення, сільськогосподарські насоси знаходять застосування в аквакультурі або тваринництві, допомагаючи підтримувати оптимальний рівень води для благополуччя водних видів або худоби.

Існує багато різних типів сільськогосподарських насосів, включаючи відцентрові насоси, занурювальні насоси та турбінні насоси. Кожен тип розроблений зі специфічними характеристиками та можливостями для задоволення різноманітних потреб та умов, що існують у сільськогосподарському секторі. Завдяки своїй універсальності та надійності ці насоси значною мірою сприяють продуктивності та сталому розвитку сучасних сільськогосподарських практик.

Існують різні види сільськогосподарських водяних насосів, що підходять для певних цілей:

- Відцентрові насоси: найкраще підходять для перекачування великої кількості води.
- Занурювальні насоси: найкраще підходять для перекачування води з глибоких свердловин.
- Струменеві насоси: найкраще підходять для відкачування води з неглибоких свердловин.
- Об'ємні насоси: такі, що забезпечують постійний потік води незалежно від тиску.

Ці насоси, завдяки своїм унікальним механізмам, значно сприяють покращенню сільськогосподарського виробництва.

Таким чином, сучасне сільське господарство кардинально змінюється завдяки автоматизації. Це сприяє спрощенню операцій та оптимізації продуктивності. Високоякісні насосні рішення поєднують різноманітні технології, такі як системи керування водопостачанням та дистанційний моніторинг, з системами автоматизації. Тому, вони підвищують ефективність сільського господарства в багатьох аспектах і стали невід'ємною частиною сучасного землеробства

Основні причини зупинки насосів

Поширені проблеми з насосами часто виникають через різноманітні проблеми з експлуатацією та обслуговуванням. Ось деякі з найчастіших проблем, що виникають:

1. **Кавітація.** Виникає, коли в рідині, що перекачується, утворюються бульбашки пари, які руйнуються, що призводить до пошкодження робочого колеса та інших компонентів.
2. **Виїк ущільнення.** Механічні ущільнення можуть зношуватися або пошкоджуватися, що призводить до витоків, які можуть знизити ефективність та спричинити небезпеку для навколишнього середовища.
3. **Поломка підшипника.** Підшипники можуть вийти з ладу через неправильне змащування, неправильне вирівнювання або забруднення, що призводить до збільшення тертя та потенційної поломки насоса.
4. **Засмічення.** Сміття або сторонні предмети можуть блокувати робоче колесо або трубопровід, зменшуючи потік і потенційно пошкоджуючи насос.
5. **Перегрів.** Може бути спричинений надмірним тертям, недостатнім охолодженням або роботою насоса всуху, що призводить до пошкодження внутрішніх компонентів.
6. **Вібрація та шум.** Надмірна вібрація та шум можуть свідчити про неправильне вирівнювання, дисбаланс або зношені компоненти, що може призвести до подальших пошкоджень, якщо їх не усунути.
7. **Втрата заправки.** Трапляється, коли повітря потрапляє в насос або всмоктувальну лінію, що перешкоджає ефективному переміщенню рідини насосом.
8. **Корозія.** Хімічні реакції між рідиною, що перекачується, та матеріалами насоса можуть спричинити корозію, послабити конструкцію насоса та призвести до витоків або поломки.
9. **Пошкодження робочого колеса.** Робочі колеса можуть пошкодитися через кавітацію, корозію або удар сторонніми предметами, що знижує ефективність та продуктивність насоса.
10. **Проблеми з електропроводкою.** Проблеми з двигуном, такі як перегрів, електричні не-

справності або проблеми з живленням, можуть призвести до несправності насоса або його повної зупинки.

Вирішення цих поширених проблем шляхом регулярного технічного обслуговування, належної експлуатації та своєчасного ремонту може значно підвищити надійність та довговічність насосних систем.

Загалом, проблеми з насосами можуть виникати з багатьох причин, зокрема з недостатнього або пошкодженого електроживлення, проблем з двигуном, протікання корпусу, несправності клапанів та нещільного кріплення. У багатьох випадках, незважаючи на ці проблеми, насос може продовжувати працювати, хоча й менш ефективно, ніж за максимальної продуктивності.

Однак, також існують проблеми з насосом, що стосуються саме робочого колеса, які можуть призвести до повної зупинки насоса. Найпоширеніші з них включають:

- Засмічення, спричинене твердими частинками (осадою, мінеральним відкладенням тощо) або відходами, що потрапили в лопаті робочого колеса.
- Забруднення, коли мікроскопічний матеріал накопичується на робочому колесі або сусідніх деталях.
- Корозія, зазвичай через вплив кислого середовища протягом тривалого періоду часу.
- Дисбаланс через знос або помилку монтажу, коли нерівномірні радіальні сили спричиняють неоптимальне транспортування рідини та потенційну вібрацію.
- Розхитування, зазвичай внаслідок вібрації, зношених деталей та поганого обслуговування.
- Кавітація, найгірший вид пошкодження насоса, якій часто передують турбулентний (на відміну від ламінарного) потік, коли відсутність тиску всмоктування призводить до утворення бульбашок, які потім руйнуються та вибухають на поверхні робочого колеса, що призводить до точкової утворення та швидкої ерозії.

Розуміння та спостереження за ознаками неминучої несправності робочого колеса насоса є важливим, щоб запобігти дорогому та незручному пошкодженню насоса. Якщо існує будь-яка з перелічених нижче проблем із насосом, слід негайно повідомити фахівців, особливо якщо самостійний ремонт не вирішує проблему. Можливо спостерігати або чути кілька з цих симптомів одночасно:

- Надмірна вібрація, яка не усувається перевіркою або затягуванням системи кріплення.
- Гучні або незвичайні шуми, що доносяться зсередини насоса.
- Застій ґрунтових вод або стічних вод повз занурювальні насоси, такі як ежекторні насоси для стічних вод.
- Зменшення кількості рідини, що виходить з насоса.
- Ознаки накопичення осаду, іржі або мінерального накипу на інших деталях насоса, що означає, що вони, ймовірно, присутні і на робочому колесі.
- Наявність бактерій або мікробів у воді.
- Витік оливи або інших мастильних матеріалів у рідину, що транспортується.
- Нестабільний тиск насоса, що виявляється або безпосередньо, або за допомогою систем керування насосом.
- Насос вимикається, коли не повинен, або працює лише з перервами.

Часто можна знайти робочі колеса насосів зі значними пошкодженнями поверхні. Три найпоширеніші причини пошкодження поверхні - це ерозія, корозія та кавітація. Для кожної з них існують характеристики, які допоможуть визначити основну причину пошкодження.

Системи охолодження є важливими в промисловому застосуванні, діючи як вузьке місце на більшості виробничих підприємств, особливо в переробній промисловості сільськогосподарської продукції. Водяні насоси відомі як критичний компонент систем охолодження. Вихід з ладу різних деталей системи охолодження, зокрема робочих коліс насосів, фланців та корпусів, негативно впливає на продуктивність та час безвідмовної роботи. Основними причинами дострокового виведення з експлуатації робочих коліс водяних насосів є передчасні відмови, спричинені гідравлічними, механічними та корозійними факторами. У цьому відношенні умови експлуатації насоса є важливими факторами, що сприяють надійності та тер-

міну служби насоса. Критичні змінні в роботі насоса системи охолодження включають робочу температуру, корозійну активність води та електроліту, хімічний склад рідини, тиск, рН, швидкість потоку, порушення потоку, наявність ерозійних твердих частинок у рідині, якість матеріалу, що використовується для виготовлення компонентів насоса, та конструкцію робочого колеса/корпусу.

Підвищена температура циркулюючої рідини є причиною надмірного корозійного пошкодження та скорочення терміну служби компонентів насоса.

Електрохімічна корозія є добре відомим механізмом передчасного виходу з ладу та деградації компонентів насосів, головним чином тих, що працюють під гарячою водою, що містить ерозійні тверді частинки та корозійні речовини. Корозійне пошкодження в системах охолодження води збільшує споживання води, знижує ефективність насоса та спричиняє подальші несправності.

Чисельне моделювання потоку рідини має вирішальне значення для дослідження та подальшого усунення несправностей і проектування в інженерних системах і галузях промисловості, зокрема водяних насосів [17, 18]. Одним з методів числового аналізу, який можна використовувати для дослідження продуктивності насоса, є моделювання обчислювальної гідродинаміки. Воно може досліджувати вплив параметрів рідини, таких як витрата, тиск і температура, на продуктивність робочого колеса насоса при бажаних швидкостях обертання.

На рисунку 2 показано лінію виробництва консервів (рис. 2a) та розташування відцентрового насоса (рис. 2b). У системі вода, що подається, нагрівається до 85 °C та подається до душових кабін, показаних на рисунку 2a, відцентровим насосом для охолодження скляних консервів на завершальному етапі виробництва. Налита вода збирається та подається до первинного резервуара для переробки та подальшого повторного використання. Досліджуваним компонентом є закрите робоче колесо.

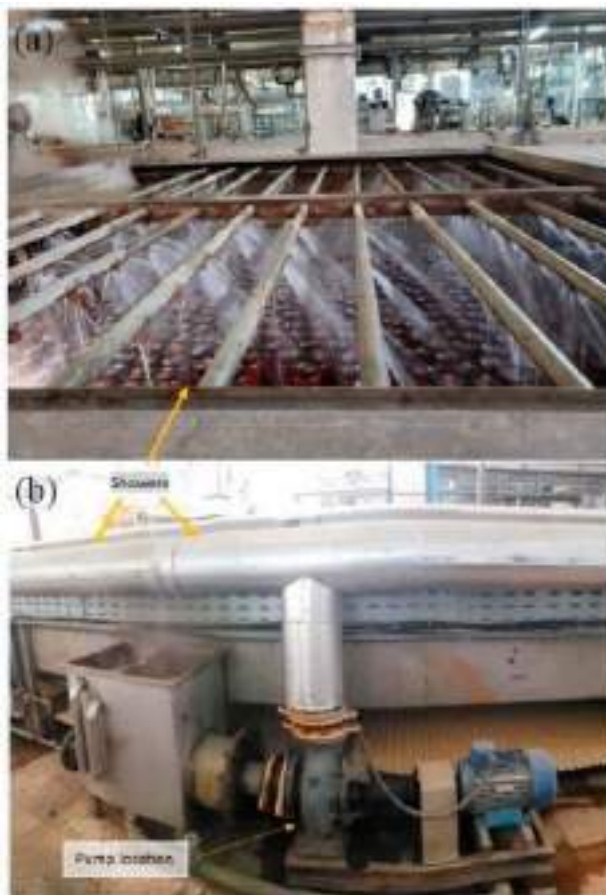


Рисунок 2 [18] - Лінія виробництва консервів (a) та розташування відцентрового водяного насоса (b)

Сірий чавун – це довговічний, економічно ефективний матеріал, який використовується на ринку виробництва робочих коліс водяних насосів для промислових систем охолодження.

Тим не менш, моделювання електрохімічної корозії сірого чавуну в промислових водних середовищах не проводилося систематично з використанням моделей електрохімічної корозії та еквівалентних електричних кіл.

В дослідженні ми використовували метод дослідження корозії. Це дослідження дало детальне уявлення про схильність робочого колеса з сірого чавуну до електрохімічної корозії. Воно з'ясувало основні механізми електрохімічної корозії. Профілі електрохімічного впливу (EIS) були змодельовані за допомогою відповідних еквівалентних моделей електричних кіл для пояснення міжфазних електрохімічних процесів на межі розділу робочого колеса з циркулюючим водним середовищем. Моделювання CFD детально дослідило умови роботи робочого колеса насоса.

Робоче колесо відцентрового насоса було змодельовано за допомогою програмного пакету SOLIDWORKS для дослідження поля потоку та його впливу. Насос всмоктує воду з температурою 85 °C з резервуара через секцію робочого колеса у формі ока, а робоче колесо, яке обертається зі швидкістю 5000 об/хв, направляє воду до душових кабін (рис. 2а) через вихід.

На рисунку 3а показано розподіл загального тиску всередині робочого колеса. Загальний тиск змінюється від низького до високого, минаючи центр робочого колеса та досягаючи стінки спіралі через турбулентність сліду, що призводить до нестационарного потоку рідини. Отже, за областю низького тиску поруч із поверхнею всмоктування слідує градієнт тиску в місці розташування лопаті у напрямку зони високого тиску. Як видно на рисунку 3б, градієнт швидкості такий самий, як і загальний тиск, оскільки в областях, розташованих далі від центру робочого колеса, для рідини доступно більше місця через вищу масову витрату. Низький тиск на впускному отворі зменшує швидкість рідини через геометричні обмеження, що перешкоджають її потраплянню в спіральну камеру.

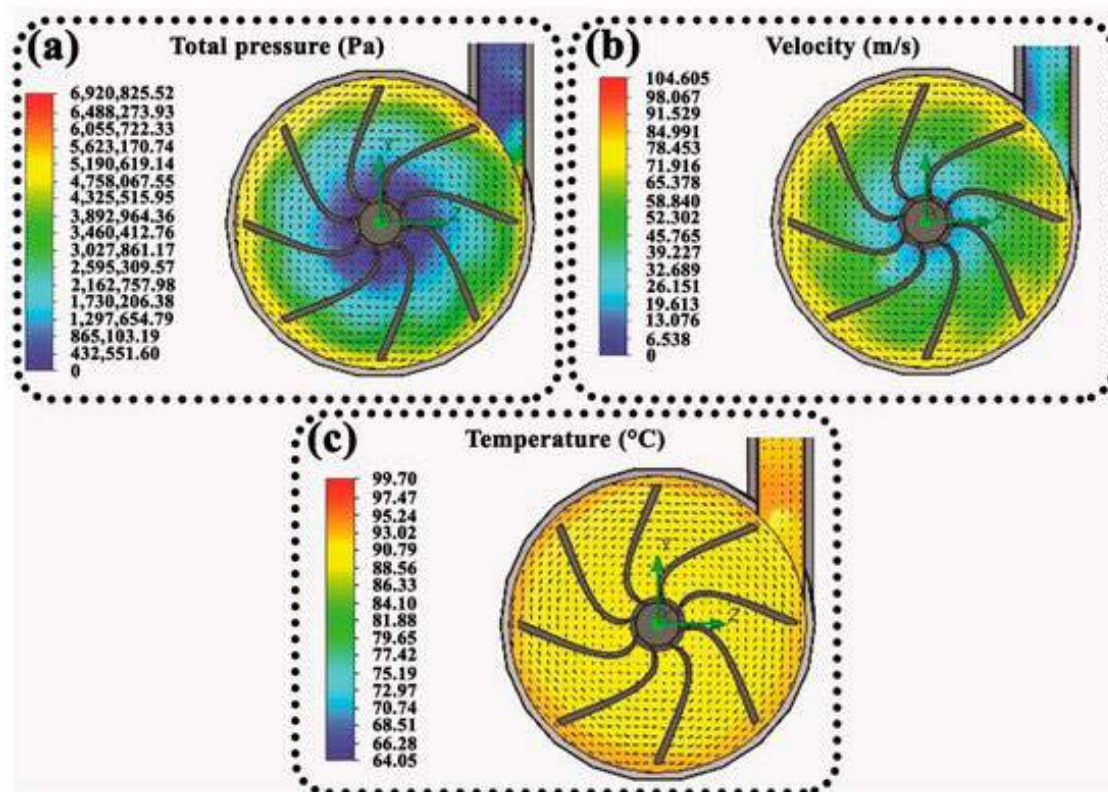


Рисунок 3 - Результати моделювання SOLIDWORKS: (а) тиск, (б) швидкість та (с) розподіл температури рідини у спіральному корпусі

Розчинність кисню в рідині збільшується через збільшення тиску, що призводить до збільшення швидкості корозії. У цьому випадку турбулентність рідини вища на задніх кромках,

що спричиняє більше пошкоджень. Крім того, збільшення швидкості рідини призводить до швидшого доступу кисню до поверхні металу.

Таким чином, збільшення швидкості навколо задньої кромки спричиняє більше пошкоджень робочого колеса. Швидкість корозії безпосередньо корелює з температурою через збільшення концентрації розчиненого кисню в рідині, що сприяє кінетиці корозії. Через збільшення загального тиску, швидкості та температури в областях навколо задніх кромки, корозія в цій області, як очікується, буде більш значною, ніж в інших областях. Як показано на рисунку 4, несправне робоче колесо в системі охолодження додатково деградує в області задньої кромки, що підтверджує достовірність результатів моделювання.



Рисунок 4 [15] - Фотографія для візуального огляду зовнішньої та внутрішньої поверхонь несправного робочого колеса

Порівняльними дослідженнями доведено, що стійкість проти ерозійного зносу зразків зі сталі 45 і сірого чавуну з покриттям 90%BK8 + 10%1M, де 1M: 70% нікель, 20% хром, 5% бор і 5% кремній, нанесеними методом електроіскрового легування, у 3,50 рази вище, ніж без зміцнення і відповідно в 1,900; 1,5 і 1,70 раз вище, ніж у зразків, зміцнених твердим сплавом BK6, T15K6 і нанесенням шлікерних покриттів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА:

1. Colombo, D.; Lima, G.B.A.; Pereira, D.R.; Papa, J.P. Finite element regression methods for modeling the reliability of well safety valves. Reliab. Eng. Syst. Saf. 2020, 198, 106894.
2. Luzada, F.; Cuminato, J.A.; Rodriguez, O.M.H.; Tomasella, V.L.; Milani, E.A.; Ferreira, P.G.; Ramos, P.L.; Bocchio, G.; Perissini, I.C.; Junior, O.A.G.; et al. Incorporating defects into a disproportionate risk regression model and its diagnostics for modeling the reliability of well safety valves. IEEE Access 2020 , 8 , 219757–219774. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Тарельник В.Б, Коноплянченко Є.В., Гапонова О.П, Тарельник Н.В. Забезпечення захисту поверхонь торцевих імпульсних ущільнень турбомашин шляхом формування зносостійких наноструктур: монографія / під загальн. ред. В.Б. Тарельника. Суми: Університетська книга. 2022. 260 с.
4. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості: монографія/ В.С. Марцинковський, В.Б. Тарельник, та ін.; за ред. В. Б. Тарельника, Є.В. Коноплянченка. - Суми: Видавництво «ФЛП Литовченко Е.Б.», 2020.- 410 с.- Українською мовою.
5. Техногенна безпека АЕС: Навч. посібн.; Ч. II / Д. О. Чалий, А. Б. Тарнавський, Р. Ю. Сукач, Р. Б. Веселівський; Держ. служба України з надзвичайних ситуацій; Львів. держ. ун-

т безпеки життєдіяльності. – Львів: Каменяр, 2020. – 340 с.

6. Qian, F.; Hu, M. Numerical simulation of the leakage field and acoustic characteristics of a safety valve. MATEC Web Conf. 2021 , 336 , 01007. [Google Scholar] [CrossRef]
7. Lu, D.; Fu, K.; Li, Y. Finite element method for instantaneous evaluation of the impact capacity of a well safety valve plate. Mechanics. 2022 , 376 , 35–38. [Google Scholar]
8. Luo, J.; Wang, X. Mechanical properties of well safety valve. Pet. Mine Mach. 2020 , 49 , 36–39. [Google Scholar]
9. Taska, E.; Besharat, M.; Ramos, H.M.; Luvisotto, E.; Carni, B. Investigation of the sensitivity of the transient response after a power failure to the characteristics of an air valve and pipeline. Water 2023 , 15 , 3476. [Google Scholar] [CrossRef]
10. Zakharinov, V.; Malakov, I.; Cankaya, O.; Dimitrov, L. Multi-criteria selection of material for the manufacture of a safety valve. In Proceedings of the International Conference on Electronics, Engineering Physics and Earth Sciences (EEPES 2024), Kavala, Greece, 19–21 June 2024; MDPI: Basel, Switzerland, 2024; p. 51. [Google Scholar]
11. Ferrarese, G.; Fontana, N.; Gioffreda, S.; Malavasi, S.; Marini, G. Efficiency of pressure reducing valve adjustment in a water supply network with variable consumption. In Proceedings of the International Conference EWaS5: Water Security Management: New Threats or Challenges? Moving from Therapy and Restoration to Prediction and Prevention, Naples, Italy, 12–15 July 2022; MDPI: Basel, Switzerland, 2022; p. 61. [Google Scholar]
12. Li, K.; Jiang, J.; Yang, B.; Chen, Z.; Yang, L.; Jin, M.; Xia, H.; Xie, H. Investigation of the corrosion behavior of a safety valve spring in a liquid chlorine tank. J. Phys. Conf. Ser. 2024, 2713, 012052. [Google Scholar].
13. Publisher, VWA Coatings for Valves and Actuators. Available online: <https://valve-world-americas.com/coatings-for-valves-and-actuators/> (accessed 1 November 2024).
14. Kimray. How valve coatings can limit corrosion and erosion of control valves and liquid level floats. Available online: <https://kimray.com/training/how-valve-coating-can-limit-corrosion-and-erosion-control-valves-liquid-level-floats> (accessed 1 November 2024).
15. Valve Coatings: Improving Safety, Reliability and Efficiency. Available online: <https://www.surfacetechnology.co.uk/2017blogvalve-coating-services/> (accessed 1 November 2024).
16. Спеціальна фарба та покриття для клапанів — Efsvalves. Доступно онлайн: <https://efsvalves.com/en/special-paint-coatings/> (дата звернення: 1 листопада 2024 р.).
17. Xu, F.; Zhao, S.; Li, B.; Li, H.; Ling, Z.; Zhang, G.; Liu, M. Current status of zero liquid discharge technology for desulfurization wastewater. Water 2024, 16, 900.
18. Romo, S.A.; Elhashimi, M.; Abbasi, B.; Srebric, J. Mapping of a novel zero-liquid discharge desalination system based on humidification–dehumidification onto the field of existing desalination technologies. Water 2022, 14, 2688.

Клишкін М.Г., Рева В.Б., Рижков М.Г., Руденко В.В., Токаренко А.В., Радов С.В., Журавель Д.М., Терегеря В.О., магістранти, СНАУ, м. Суми, Україна

ОСНОВНІ ВИДИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН. ЧАСТИНА 2. ЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ПРАЦЮЮЧИХ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Процес абразивного зношування визначається як втрата матеріалу з поверхневого шару елементів внаслідок взаємодії з твердими частинками, що призводить до деформації, розтріскування та мікрорізання. Цей процес включає як змонтовані, так і вільні зерна, які сприяють подряпинам та зносу, проколюючи поверхневі шари елементів, що з'єднуються.

Широкий клас деталей машин, що працюють у сільському господарстві, досягає граничного стану через абразивне зношування та його різновиди: контактнo-абразивне, гідро- та

газоабразивне.

Костецький, І. В. Крагельський, М. М. Тенненбаум, Л. М. Рибаківа та інші дослідники зазначають, що поширеність абразивного зношування зумовлена тим, що багато деталей машин, їх робочі органи та інструменти за характером своїх функцій неминує контактувати з матеріалами, які можуть спричинити процес абразивного зношування. Абразивне зношування часто є домінуючим у випадках, коли контакт зі сторонніми твердими частинками безпосередньо не пов'язаний з виконанням технологічної операції, а зумовлений забрудненням навколишнього середовища (повітря, вода, мастила, паливо).

У "чистому вигляді", особливо перша схема зношування, зустрічається рідко, оскільки склад абразивних частинок та розміри зазорів не мають постійної величини.

Домінуючий вплив на знос тієї чи іншої схеми контакту абразивних частинок з поверхнями деталей залежить від багатьох факторів, які змінюються в широких діапазонах: міцність частинок, параметри зазору, швидкість потоку рідини та інші.

За даними багатьох дослідників, лінійний абразивний знос 80% деталей зазвичай знаходиться в діапазоні 0,05...0,5 мм [1, 2]. Лише для обмеженого кола деталей (близько 10% ремонтного фонду): пальців і ланок гусениць, бігових доріжок опорних катків і напрямних коліс, виконавчих робочих органів ґрунтообробних машин, абразивний знос досягає кількох міліметрів. Вибір раціонального методу відновлення таких деталей визначається величиною їх зносу, матеріалом деталі, умовами її експлуатації та іншими параметрами [2].

Зношування деталей компресорів

Захисна втулка (ЗВ) є основною деталлю масляного ущільнення (МУ) від працездатності якого залежить безпечна та безвідмовна робота всього компресорного агрегату (КА). Ущільнювальний вузол може зруйнуватись за рахунок впливу ряду факторів, таких як: підвищений тиск, висока температура, агресивне оточуюче робоче середовище. Тому МУ є одним із найбільш відповідальних вузлів, що забезпечують герметичність компресорного агрегату, а отже, і його надійну, безпечну та безвідмовну роботу.

Робота МУ залежить від матеріалів, що застосовуються при його виготовленні. Основними деталями, що забезпечують герметизацію робочого середовища, а також безпосередньо впливають на працездатність вузла в цілому, є пара – «вкладиш – захисна втулка» (рис. 1).

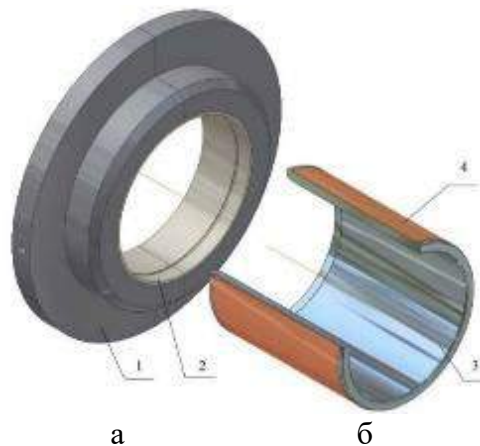


Рисунок 1 - Ущільнювальна пара тертя МУ: а - "вкладиш"; б - "ЗВ".

1 – підлога вкладишу; 2 – антифрикційне покриття; 3 – підлога ЗВ;
4 – тверде зносостійке покриття

Вибір матеріалів деталей МУ залежить від умов роботи КА.

Вкладиш є тілом обертання (рис 1, а), основа якого виконана, як правило, зі сталі 20, або сірого чавуну СЧ10. На внутрішню поверхню вкладишу нанесено антифрикційне покриття з бабіту марки Б83 або Б88.

ЗВ є також тілом обертання. Вона складається з основи та зносостійкого покриття (рис. 1, б). ЗВ працює у дуже важких умовах: агресивного оточуючого середовища, несприятливо-

го температурного режиму роботи і витримує тиск до 35-40 МПа. У МУ компресорів, працюючих в умовах агресивного абразивного оточуючого середовища, в якості матеріалу основи ЗВ використовують монель-метал (сплав на основі нікелю, що містить як основний легуючий елемент 27-37 % міді). Цей сплав корозійностійкий, високоміцний і має гарну пластичність як у гарячому так і холодному станах.

Нещодавній прогрес у металургії сталі підвищив межу текучості традиційних сталей до понад 2 ГПа разом із надзвичайною пластичністю та в'язкістю, що особливо важливо для автомобільної та передової аерокосмічної промисловості, де легка вага часто є пріоритетом [3]. Поточні сталі з міцністю 2 ГПа розроблені на основі традиційних методів виробництва сталі зі складними обробними процесами, такими як гаряча обробка та холодна прокатка, які по суті непрактичні в сучасному передовому виробництві сплавів за допомогою адитивного виробництва. Таким чином, необхідна розробка нових передових стратегій проектування сталі. Передові сталі також повинні мати хороші механічні властивості. Постійний розвиток передових сталей має вирішальне значення для розвитку соціальної економіки.

Наноструктуровані сталі визначаються як вдосконалені сталі, що складаються з нанорозмірних елементів з великим співвідношенням площі межі розділу до об'єму понад $0,04 \text{ nm}^{-1}$ [4]. Традиційно, розробка наноструктурованих сталей в основному зосереджена на подрібненні зерна, такому як виробництво наноструктурованих сталей з нанорозмірними зернами шляхом інтенсивної пластичної деформації. На жаль, на сучасному етапі сталі, зміцнені осадами, отримані методом адитивного виробництва, мають відносно низьку межу текучості в діапазоні ~ 1000 МПа, можливо, через утворення м'якого аустеніту або укрупнення мікроструктури внаслідок повторюваного термоцикування під час процесу друку [5]. Крім того, адитивне виробництво не включає процес кування, як у звичайному виробничому процесі, що призводить до великих розмірів зерна. Подрібнений розмір зерна важливий для забезпечення додаткового зміцнення наноструктурованих сталей завдяки зміцненню Холла-Петча [6]. Таким чином, для покращення термічної стабільності та уточнення розміру зерна необхідний новий рецепт наноструктурованої сталі для передового виробництва.

Створення універсального, економічного та високотехнологічного способу збільшення терміну служби як зношених, так і нових деталей стало актуальним завданням. До таких методів належить наноструктурування поверхневих покриттів, яке можна виконати методом електроіскрового легування. Метою дослідження [7] є вивчення можливостей електроіскрового легування при наноструктуруванні поверхневого шару вуглецевих сталей. Автори виявили, що хімічний склад легуючого електрода та режими обробки мають прямий вплив на насичення поверхневого шару легуючими елементами, параметри профілю обробленої поверхні, суцільність та механічні властивості покриття. Було виявлено, що жорсткіші режими обробки підвищують продуктивність, але знижують механічні властивості. Також було виявлено, що модифікована структура основного матеріалу містить наноструктуровані елементи внаслідок електроіскрового легування. Різне збільшення механічних властивостей матеріалу покриття дозволяє припустити, що в покритті присутні елементи наноструктурного діапазону. Проведене дослідження показує, що метод електроіскрового легування може бути використаний для наноструктурування поверхневого шару вуглецевих сталей.

В [8-10] досліджували процеси наноструктурування методом ЕІЛ. Досліджені і проаналізовані технології формування структури покриттів при легуванні заліза Армо електродами інструментами з молібдену і використанням спеціальних технологічних насичуючих середовищ складів: 1 – одностінні рівномірно розташовані вуглецеві нанотрубки (РРВН) типу Tuball Ocsial (0.01 %); 2 – одностінні РРВН типу Tuball Ocsial (0.6 %) в полікарбонаті. Дослідженнями доведений позитивний вплив рівномірно розташованих вуглецевих нанотрубок на якість покриттів, наприклад, використання нанотрубок типу Tuball Ocsial (0.01 %) дозволяє збільшити твердість покриття з 446 до 1438 HV, тобто у 3 рази.

Одним із актуальних завдань матеріалознавства є підвищення опору втомі матеріалів, що використовуються при створенні перспективних та сучасних конструкцій. Відомо, що формування ультрадрібнзернистої (УДЗ) структури призводить до помітного підвищення меха-

нічних властивостей металевих матеріалів, але збільшення міцності не супроводжується відповідним збільшенням опору втомі. Ще однією особливістю високоміцних сплавів є їх підвищена чутливість до концентраторів напружень та параметра шорсткості поверхні. Як правило, втомне руйнування починається з утворення поверхневих дефектів, що перетворюються на тріщини, і відповідно, стан поверхні відіграє важливу роль у поведінці виробу при втомі. Методи поверхневої пластичної деформації дозволяють підвищити рівень властивостей та якості поверхні, серед яких варто виділити безабразивну ультразвукову фінішну обробку (БУФО) - імпульсно-зміцнювальне оброблення з використанням ультразвукових коливань. Аналіз поверхневих залишкових напружень показує, що після БУФО у вибраному режимі на поверхні утворюються переважно стискаючі залишкові напруження, що досягають 245 МПа. Випробування на втому показали, що обробка технічно чистого титану в ультрадрібнозернистому стані методом БУФО призводить до збільшення межі втоми до 20%. Так, на вибраній випробувальній базі межа витривалості зразків, отриманих методом ультразвукового оздоблення (діаметр 10 мм, канавка глибиною 2,5 мм з R=2 мм та кутом 80°) з БУФО досягає $\sigma_{-1} = 490$ МПа, а без обробки $\sigma_{-1} = 400$ МПа.

Відновлення та реновація деталей типу вали

Під час роботи та навіть в період зупинки вали роторних машин (компресорів, насосів, центрифуг тощо) зношуються. Основною причиною зношування поверхневих шарів валів компресорів є абразивне зношування, коли поверхня валу контактує з твердими частинками, які потрапляють в робочий простір завдяки поганим (застарілим) ущільненням або є продуктом зношених часток. Також абразивні частинки можуть попасти з мастилом. Іншими видами зношування поверхневих шарів валів може бути: хімічна корозія, фреттинг корозія, окислювальне зношування та інші. Результатом зношування поверхонь валів може бути зупинка компресора, а іноді може привести до складної аварії і пов'язаних з цим великих втрат на виробництві. Як правило, в серйозних господарствах механіки мають в своєму запасі новий, або відновлений вал, на случай виходу з ладу того, знаходиться в працюючому компресорі.

Для відновлення поверхневих шарів валів компресорів використовують технології: газотермічного напилювання, наплавлення, гальванічного нарощування. В останні роки поверхневі шари валів відновлюють шляхом нанесення полімерних матеріалів (ПМ).

Розглянемо більш детально цей метод [11]:

На рисунку 2 представлена зношена підшипникова шийка валу.



Рисунок 2 - Зношена підшипникова шийка валу

Щоб максимально знизити час на відновлення підшипникових шийок валів в сучасних ремонтних технологіях все більшого розповсюдження знаходить метод нанесення ПМ серії «Belzona-1000» (рис. 3), завдяки якому технологію відновлення можливо проводити незначний час і практично на робочому місці, що значно знижує, пов'язані з цим витрати для підприємства.



Рисунок 3 – Покриття, типу Belzona, нанесене на підшипникову шийку валу

Технологія ремонту валів Belzona вимагає, щоб поверхня була підготовлена для отримання грубого нерівного профілю. Потім продукт легко наноситься за допомогою простих ручних інструментів і дає йому затвердіти. Оскільки пастоподібні суміші Belzona чутливі до тепла, весь процес затвердіння можна прискорити шляхом додавання тепла до відремонтованої поверхні. Це допомагає скоротити час ремонту та дозволяє валам швидко повернутися до роботи, таким чином мінімізуючи час простою.

Висновки:

Визначено, що одною з основних причин зупинки повітряних компресорів є абразивне зношення їх відповідальних деталей типу тіл обертання: вали, захисні втулки тощо.

На підставі проведених досліджень встановлено, що для підвищення надійності і довговічності ЗВ масляного ущільнення відцентрового компресора потрібно сформувавши на її поверхні методом ЕІЛ покриття з рівномірно розташованими вуглецевими нанотрубками з подальшою поверхневою безабразивною ультразвуковою фінішною обробкою (БУФО). В якості основи потрібно використовувати нержавіючу сталь 12Х18Н10Т, яка пластична і по своїм механічним властивостям не уступає монель-металу.

Проведений аналіз літературних джерел, дозволив серед сучасних методів відновлення поверхневих шарів деталей (гальваніка, наплавлення, наварювання, напилювання тощо) обрати найбільш перспективні, екологічно безпечні і доповнюючі одна іншу технології ЕІЛ, ППД і нанесення ПМ. В результаті розроблення методики досліджень і проведення порівняльних іспитів за схемою «диск-плоский зразок» визначено, що кращою технологією, проти абразивного зношування є: ЕІЛ Т15К6 + ППД+ПМ+ механічна обробка. Лінійний і ваговий знос зразків відновлених комбінованою технологією ЕІЛ, з використанням електродів з твердого сплаву Т15К6, наступним алмазним вигладжуванням і нанесенням полімерного матеріалу «Belzona-1000» з подальшою механічною обробкою шліфуванням, відповідно в 7,4 і 8,4 рази менше зразків без покриття; в 2,4 і 1,8 раз менше чім ЕІЛ, з наступною обробкою кулькою; в 1,3 і 1,2 рази чім ЕІЛ, з наступним алмазним вигладжуванням і 1,1 і 1,1 рази чім ЕІЛ, з наступним алмазним вигладжуванням і нанесенням ПМ.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА:

1. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості: монографія/ В.С. Марцинковський, В.Б. Тарельник, та ін.; за ред. В. Б. Тарельника, Є.В. Коноплянченка. - Суми: Видавництво «ФЛП Литовченко Е.Б.», 2020.- 410 с.- Українською мовою.
2. Ремонт тракторів і автомобілів : навчальний посібник : у 2-х кн. – Кн.1 / [Д. П. Домуці , А. М. Яковенко, П. І. Осадчук та ін.] . – Одеса : ТЕС, 2020. – 191 с.
3. Лю Л., Юй К., Ван З., Елл Дж., Хуан М. Х. та Річі Р. О. 2020 Збільшення міцності надміцної сталі шляхом розшарування по межах зерен Science 368 1347–52
4. Kong HJ, Jiao ZB, Lu J та Liu CT 2021 Низьковуглецеві вдосконалені наноструктуровані сталі: мікроструктура, механічні властивості та застосування Sci. China Mater. 64 1580–97
5. Курнштайнер П., Вільмс М.Б., Вайшайт А., Голт Б., Ягл Е.А. та Раабе Д. 2020 Високоміцна дамаська сталь методом адитивного виробництва Nature 582 515–9

6. Chen R, Kong HJ, Luan JH, Wang AD, Jiang P та Liu CT 2020 Вплив зовнішнього прикладеного магнітного поля на мікроструктури та механічні властивості лазерного зварювального з'єднання сталі з наноструктурованим середнім вмістом марганцю *Матер. наук. інженерія А* 792 139787
7. Kudryashova Elizaveta, Shamberov Ivan, Zadoroznyy Roman 2020/03/01 - Nanostructuring of the surface layer by the method of electric-spark alloying. 10.22314/2618-8287-2020-58-1-113-121
8. Спосіб модифікації поверхневих шарів деталей машин методом електроіскрового легування (ЕІЛ) металевим електродом інструментом у спеціальному технологічному середовищі (СТС) з рівномірно розподіленими вуглецевими нанотрубками : пат. UA № 155786 U Україна, МПК (2024.01) B23H 1/00 B23H 9/00 B82B 1/00 / О. П. Гапонова, В. Б. Тарельник, Н. В. Тарельник, П. Фурманчик, В. О. Охріменко, А. В. Ткаченко (UA). № u202301024 ; заявл. u202301024 ; опубл. 10.04.2024, Бюл. № 15.
9. Yurchenko V. I., Yurchenko E. V., Dikusa A. I. Thick-Layer Nanostructured Electrosark Coatings of Aluminum and Its Alloys. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2020. Vol. 56. P. 656–664.
10. The Development of Nanostructuring Method Metal Surfaces by Electrosark Alloying / O. Gaponova et al. *Nanomaterials: Applications & Properties : 13th International Conference (IEEE NAP-2023)*, Bratislava, Slovakia, 2023. P. 03mtfc-28.
11. Відновлення зношених валів за допомогою методу формування <https://blog.belzona.com/worn-shaft-repair/>

Супруненко М.К., PhD., асистент, СНАУ, м. Суми, Україна

ОГЛЯД ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО АГРАРНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Розвиток техніки й технологій аграрного машинобудування можна осмислити не як лінійний процес, а як взаємодію суперечностей – між природою та технікою, людиною й машиною, стабільністю та інновацією. Ця парадигма осмислення розвитку ґрунтується на наступних законах:

1. Закон єдності та боротьби протилежностей, які одночасно взаємно заперечують і зумовлюють одна одну.

У машинобудуванні це виявляється у конфлікті між природними обмеженнями біосфери та експансією техногенних систем. Баланс між екологічною стабільністю та інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва, підвищенням його продуктивності до максимуму – є центральною суперечністю розвитку агропромислового комплексу (Narain, 1998).

2. Перехід кількісних змін у якісні

Умовно "накопичення" інженерних удосконалень (автоматизація, роботизація, сенсорика, великі дані, та штучний інтелект, генна інженерія) призводить до якісного стрибка – створення саморегулюючих технологічних комплексів, що формують нову "технологічну біосферу".

3. Закон заперечення заперечення

Еволюція машин – від механічних до цифрово-кібернетичних – ілюструє спіралеподібний характер розвитку техніки, де старі принципи не відкидаються, а перетворюються на нові форми (наприклад, біомеханічні системи, що імітують природні процеси), біоінформатика.

Власне такий підхід дозволяє сформулювати наступні фундаментальні проблеми аграрного машинобудування:

1. Суперечність між технологічною ефективністю й екологічною стійкістю.
2. Неузгодженість між індивідуальними інноваціями та системною інтеграцією, природне коливання між ускладненням та спрощенням.
3. Складність і при тому необхідність переходу від редукціоністських до синергетично-

цілісних підходів.

Ці проблеми виявляють себе як в процесах проектування та виробництва окремих одиниць техніки так і в раціональному, науково обґрунтованому природокористуванні в цілому. В свою чергу, орієнтація на виявлення та зняття подібних базових протиріч дозволяє не лише описувати розвиток технічних систем, а й проектувати нові принципи їх самоорганізації – основу майбутнього “розумного” агропромислового укладу.

Перша фундаментальна суперечність виникає через продуктивну спрямованість технологій: аграрні машини розробляються для інтенсифікації виробництва – підвищення швидкості, точності, автоматизації, і, відповідно, економічного ефекту (Knickel et al., 2017), що є технічна експансія і неодмінно веде до екологічної деградації: ущільнення ґрунтів, викидів CO₂, ерозії та споживання енергоємних матеріалів (Gras & Cáceres, 2020). Підвищення технологічної ефективності в короткостроковій перспективі часто знижує екологічну стабільність, однак саме екологічні обмеження згодом стимулюють появу нових, більш сталих технологій (Narain, 1998). Ця суперечність охоплює не лише технічний рівень, а й соціально-економічні структури – капіталовкладення, політику сталого розвитку, моделі землекористування. Prem Narain (1998) пропонує розглядати науково-технічний прогрес у сільському господарстві не як лінійне вдосконалення, а як спіральний процес розвитку, де кожна нова технологія повинна долати суперечності попереднього етапу.

He Xu і Shuai Liu (2024) вказують, що «зелена трансформація аграрного виробництва» можлива лише через синтез технологічних і системних факторів – інтеграцію цифрових технологій, управління відходами, встановлення замкнених енергетичних циклів.

Екологічні кризи, що виникають через технологічну інтенсифікацію, стають рушійною силою інновацій, спрямованих на «зелене» машинобудування та диктують наступні вимоги: Розробка енергоощадних і біосумісних матеріалів, Перехід до циркулярних моделей виробництва техніки (ремонтпридатність, повторна переробка), розробка обладнання для оперативного ремонту, формування екотехнологічних стандартів у проектуванні машин.

Наступна фундаментальна суперечність постає, як єдність і боротьба індивідуальної інноваційності (творчий, автономний пошук нових технічних рішень, оптимізація процесів на локальному рівні) і системної інтеграції (необхідності включення інновацій у комплексну техніко-технологічну структуру аграрного виробництва та врахування впливів на екологічне становище в цілому). За даними досліджень (Zhu, Zhou & Zhai, 2016), аграрна інженерія характеризується різноманітністю технологічних рішень проблем на локальному рівні, які важко уніфікувати без втрати їхньої ефективності. Проте, саме такі рішення є джерелом нових технічних ідей, проривів і прототипів, адже є ближчими до практичних задач і, відповідно, залучають значні інвестиції, що дає їм змогу розвиватися активніше. Накопичення та впровадження різноманітних неузгоджених іновацій дестабілізує систему в цілому і потребує контрольованого та узгодження, спрощення через вихід на новий якісний рівень, до якого неодмінно прагне переускладнена і нестабільна система. Інакше цей перехід відбудеться сам собою, за законом природи, але в ймовірно небажану та деструктивну якість. У дослідженні Grab H, описано, як інтенсифікація, оптимізація та автоматизація сільського господарства веде до спрощення ландшафту – менше видів, менша складність екосистеми. (PubMed). Це протиріччя неодмінно вимагає контрольованого синтезу – інтеграції індивідуальних, короткочасних рішень в межах узагальнених технологічних платформ та екосистемних проєктів. Благотворний прояв такий синтез має саме у розвитку та вдосконаленні сучасних одиниць аграрної техніки. Ускладнення технологічних систем в АПК, що стають більш комплексними через впровадження цифрових сенсорів, автоматизації, роботизації, великих даних, інтегрованих технологічних ланцюгів. одночасною мають тенденцією до спрощення через стабілізацію провідних процесів. Це означає, що коли система вже увійшла у стабільний режим, провідні процеси стандартизуються, автоматизуються, спрощується управління, знижується кількість варіантів, все більш високорівневі процеси прямують до виключення людини з ланцюга зворотнього зв'язку. Таким чином інновації, які спершу дестабілізують систему, пізніше стають її структуроутворюючими елементами.

З вищезазначених проблем неодмінно випливає висновок про значний вплив методологічної проблеми переходу від редукціоністського бачення технічного розвитку, тобто аналізу складних агросистем через ізольовані компоненти, до синергетично-цілісного, який розглядає техніку, як частину єдиної екологічно-соціо-технологічної системи. Синергетичний комплекс технологій – взаємопідсилюючі процеси, що забезпечують ефект, недосяжний при ізольованому використанні окремих машин. Редукціонізм – форма аналітичного розчленування, що дозволяє виявити закономірності частин. Він, в свою чергу, був домінантним у ХХ ст. і забезпечив глибоке розуміння окремих технологічних процесів. Проте він виявив свою обмеженість у контексті складних аграрних екосистем, де техніка, біологія, енергетика й екологія взаємопов'язані. Як зазначають Hickford et al. (2024), редукціонізм у аграрній науці часто ігнорує системні взаємозалежності, тоді як холістичний підхід прагне виявити цілісну динаміку системи, але потребує суворих кількісних методів для верифікації (Hickford et al., 2024). У праці (Schiere et al., 1999) ще в кінці ХХ століття було виявлено, що редукціоністські методи призвели до «непередбачуваних негативних компромісів» у землеробстві, і лише філософія систем дозволила усвідомити зв'язки між біофізичними, соціальними й економічними процесами. У класичному редукціонізмі машинобудівні системи проектувалися як сума окремих компонентів – двигуна, трансмісії, гідравліки, що розроблювались майже окремо. Фокус на узгодженні цих окремих ланок не відповідав економічним запитам, та рівню розвитку технологій часу утвердження редукціонізму. Тому проектування зазвичай відбувалося з принципом «Працює – не чіпай». У синергетичній парадигмі машина разом із середовищем, де вона функціонує – це відкрита, самоорганізована система, де кожен елемент адаптивно впливає на інші. Релізацією такого підходу є використання ІІІ-проектування, що зменшує кількість деталей оптимізуючи їх форму, зводить певні вузли до одної деталі складної форми, та металевого 3-D друку, що на відміну від традиційних технологій, дозволяє такі деталі виготовити. За Ting (2010), сучасна аграрна інженерія перетворюється на біосистемну інженерію, яка інтегрує фізичні, біологічні й інформаційні підсистеми в єдину синергетичну мережу (Ting, 2010). Таким чином, формування холістичного мислення в агроінженерів потребує трансдисциплінарного навчання, де поєднуються природничі, соціальні та інженерні науки (Raman, 2013). Перехід від редукціонізму до синергетики є проявом закону єдності та боротьби протилежностей, та має спіралеподібний характер: на кожному рівні розвитку аграрних технологій редукційний аналіз поступається місцем синергетичному узагальненню, яке в подальшому породжує нові аналітичні завдання.

Перехід від редукціоністських до синергетично-цілісних підходів у аграрному машинобудуванні – це не лише зміна методів проектування, а епістемологічна трансформація самого розуміння технічної системи. Сучасні агромашини вже не сприймаються як ізольовані механізми, а є елементами самоорганізованих біотехносистем, у яких взаємодія техніки, біології й екології створює нову якість – стійку, адаптивну й цілісну агротехнологічну екосистему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. He Xu & Shuai Liu (2024) – Research on agri-environmental technology efficiency // *Heliyon*. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e25879
2. Zhu M., Zhou X.Q., Zhai Z.F. Research progresses in technological innovation and integration of agricultural engineering. *Int J Agric & Biol Eng*, 2016.
3. Prem Narain (1998) – A dialectical perspective of agricultural research for sustainable development // *Current Science*.
4. Carla Gras & Daniel Cáceres (2020) – Technology, nature's appropriation and capital accumulation in modern agriculture // *Current Opinion in Environmental Sustainability*. DOI: 10.1016/J.COSUST.2020.04.001
5. Karlheinz Knickel et al. (2017) – Agricultural modernization and sustainable agriculture: contradictions and complementarities // *International Journal of Agricultural Sustainability*. DOI: 10.1080/14735903.2017.1373464
6. Hickford et al., 2024 – Reductionist science in agriculture and horticulture

7. Schiere et al., 1999 – Evolution of farming systems and system philosophy
8. Raman, 2013 – Linking holistic and reductionistic approaches in ecological agriculture
9. Grab H, Danforth B, Poveda K, Loeb G. Landscape simplification reduces classical biological control and crop yield. Ecol Appl. 2018 Mar;28(2):348-355. doi: 10.1002/eap.1651. Epub 2018 Jan 18. PMID: 29345735.

*Журавель Д.М., Терегеря В.О., Шевченко В.І., Турчин О.О., Васильченко В.О., Матяш В.Г.
Токаренко А.В., Радов С.В. магістранти, СНАУ, м. Суми, Україна*

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Вступ

Відповідальними деталями машин називають деталі, які лімітують час їх роботи.

Ефективна експлуатація сільськогосподарської техніки залежить від раціональної організації її технічного обслуговування. Показники надійності машин визначають обсяг ремонтних та технічних робіт. У свою чергу, ці обсяги робіт є вихідними характеристиками для формування ремонтно-технічної бази технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Дилерська система, що є дуже важливим, є сполучною ланкою між виробником техніки та фермером. Однак дилерський сервіс не може відповісти на такі завдання через брак логістичних та фінансових ресурсів, а також фактичну відсутність користувача сервісу. Тому значна частина робіт з технічного обслуговування та ремонту парків техніки сільськогосподарських машин повинна бути організована в господарстві, причому прийнята система організації технічного обслуговування формує основну частину ефективності цієї системи. Метод планування технічного обслуговування сільськогосподарських машин враховує специфіку сільськогосподарського виробництва та забезпечує своєчасне та повне технічне обслуговування. Дослідження показали, що на ефективність організації технічного обслуговування головним чином впливають площа орних земель, клас персоналу в системі, енергетична потужність господарства, наявність механіків та нерівномірне завантаження машинно-тракторного парку (МТП) за періодами. Визначено основні положення методу організації технічного обслуговування відповідно до системи планування.

Довговічність промислового обладнання стала вирішальним фактором конкурентоспроможності для компаній. Зіткнувшись із постійно мінливим промисловим середовищем, впровадження сталого підходу безпосередньо впливає на операційну ефективність, вплив на навколишнє середовище та загальну прибутковість. Розуміння його численних аспектів є важливим для подолання сучасних викликів виробничого сектору.

Підвищення експлуатаційних властивостей обладнання машинно-тракторного парку (МТП)

Для підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва важливо оптимально розподілити сільськогосподарські машини та трактори між сільськогосподарськими операціями під час проведення весняної посівної кампанії та збору врожаю. Машинно-тракторний парк (МТП) виконує одне з основних завдань у сільськогосподарських підприємствах, а саме виконання механізованих робіт за певними, чітко встановленими агротехнічними критеріями, дотримуючись оптимальних параметрів якості та мінімальних вимог до витрат. Техніко-економічна ефективність механізованого сільськогосподарського виробництва значною мірою залежить від потужності та структури машинно-тракторного парку, який є в розпорядженні агропромислового підприємства. В результаті виникає необхідність розробки науково обґрунтованих інтегрованих алгоритмів визначення оптимального кількісного складу машинно-тракторного парку сільськогосподарських підприємств. Найважливіший етап вирішення сільськогосподарських задач оптимальної організації виробництва досягається за допомогою обчислювальної техніки та описаний у сучасній науково-практичній та оперативно-

дослідній літературі. Це розробка економіко-математичних моделей, що враховують специфіку процесу сільськогосподарського виробництва, а також найважливіші взаємозв'язки між техніко-економічними факторами.

Машинно-тракторний парк розроблений для забезпечення виконання сільськогосподарських робіт з найбільш прийнятними агротехнічними термінами. З огляду на універсальний характер більшості сільськогосподарських машин, визначення оптимального графіка заміни МТФ та оцінка економічної ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів різних марок та формацій повинні проводитися не лише для окремих культур, а й комплексно для всього комплексу культур, що вирощуються в господарстві. Необхідно враховувати календарну динаміку та збіг (паралелізацію) різних технологічних та допоміжних процесів у сільськогосподарському виробництві [1, 2].

Фактори що впливають на довговічність обладнання МПП

Питання, що хвилюють усіх керівників виробництва сьогодні це: Чи є промислове обладнання підприємства (МТП) фінансовим витрачанням, а не прибутковою інвестицією? Чи дійсно довговічність промислового обладнання змінює ефективність МТП? Дійсно, довговічність промислового обладнання є важливим стратегічним викликом, який безпосередньо визначає конкурентоспроможність та сталий розвиток виробничих компаній. У складних економічних умовах та зіткненні зі зростаючими екологічними проблемами оптимізація довговічності обладнання стає вкрай важливою. Такий підхід значно знижує витрати на технічне обслуговування, мінімізує незаплановані простої виробництва та обмежує вплив промислової діяльності на навколишнє середовище.

На сьогодні ключовими результатами щодо покращення довговічності промислового обладнання є:

- Зниження витрат: краща довговічність зменшує витрати на обслуговування на 20-40%.
- Оптимізація доступності: довговічні машини підвищують продуктивність до 25%.
- Вплив на навколишнє середовище: довговічність обладнання зменшує вуглецевий слід промисловості.
- Покращена рентабельність інвестицій: інвестиції в довговічність генерують значну віддачу від інвестицій.
- Цифровізація процесів: цифрові робочі інструкції оптимізують втручання в технічне обслуговування.

Довговічність промислового обладнання є вирішальним фактором конкурентоспроможності для компаній.

Зіткнувшись із постійно мінливим промисловим середовищем, впровадження сталого підходу безпосередньо впливає на операційну ефективність, вплив на навколишнє середовище та загальну прибутковість. Розуміння його численних аспектів є важливим для подолання сучасних викликів аграрного сектору.

Вплив довговічності на навколишнє середовище

Вплив довговічності промислового обладнання на навколишнє середовище є суттєвим:

- Зменшення потреб у ресурсах: Збільшення терміну служби обладнання значно зменшує потребу у виробництві нових машин.
- Зниження споживання енергії: Добре обслуговувані машини працюють ефективніше, споживаючи менше енергії за ту саму виробничу продуктивність.
- Зменшення промислових відходів: менше несправних компонентів призводить до меншої кількості металевих відходів та електронних компонентів, які потрібно переробляти.

Вплив довговічності на безпеку на робочому місці

Сталий підхід до технічного обслуговування промислового обладнання безпосередньо покращує безпеку на робочому місці:

- Зниження ризиків відмов: належним чином обслуговуване обладнання зменшує ризик раптових відмов та аварій.
- Передбачуваність відмов: передбачення небезпечних втручань, що дозволяє операторам працювати в безпечнішому середовищі.

- Посилена культура безпеки: постійне навчання команди найкращим практикам технічного обслуговування сприяє зміцненню культури безпеки.

Довговічність промислових машин є вирішальним питанням, яке безпосередньо впливає на їхню продуктивність та довговічність. Вона залежить від складної взаємодії кількох взаємопов'язаних факторів.

Цілісний підхід, що враховує всі ці елементи, є важливим для оптимізації терміну служби обладнання. Визначення та опанування цих параметрів є основою ефективної стратегії довговічності.

Вплив якості матеріалу на довговічність

Якість матеріалів є фундаментальною складовою довговічності промислового обладнання.

- Підвищена стійкість: високопродуктивні матеріали більш стійкі до механічних та термічних навантажень, що значно подовжує термін служби компонентів.
- Захист від корозії та зносу: Спеціалізована обробка поверхні захищає від корозії та передчасного зносу, зберігаючи початкові властивості компонентів.
- Індивідуальні рішення: Інновації в металевих сплавах пропонують рішення, адаптовані до конкретних вимог кожного промислового застосування.

Вплив технічного обслуговування на довговічність

Технічне обслуговування – це важіль прямої дії для оптимізації довговічності промислових машин.

- Профілактичне обслуговування: Ретельне планування профілактичного обслуговування дозволяє передбачати збої та уникати їх.
- Якість втручання: Стандартизовані процедури та якісне виконання гарантують ефективність коригувальних дій.
- Підготовка техніків: Належна підготовка техніків забезпечує оволодіння методами технічного обслуговування, характерними для кожного обладнання.

Вплив операційного середовища

Експлуатаційне середовище має значний вплив на довговічність промислових машин.

- Температура навколишнього середовища: Температура навколишнього середовища впливає на роботу електронних та механічних компонентів.
- Вологість та забруднюючі речовини: Вологість та атмосферні забруднюючі речовини прискорюють корозію та окислення матеріалів.
- Віб्राції та удари: Віб्राції та механічні удари можуть передчасно пошкодити чутливі елементи.

Вплив використання машин на їхню довговічність

Спосіб використання машин безпосередньо впливає на їхню довговічність.

- Відповідність вантажопідйомності: Дотримання номінальної вантажопідйомності машини зберігає її структурну цілісність.
- Регулярність циклу : Регулярні цикли використання корисні для довговічності механічних компонентів.
- Компетентність оператора: Щоденна практика операторів суттєво впливає на термін служби обладнання.

Ефективні стратегії для підвищення довговічності машин

Довговічність промислового обладнання залежить від поєднання перевірених та інноваційних стратегій.

Ці підходи, що поєднують передові технології, передовий досвід експлуатації та цифрові інструменти, спрямовані на максимізацію продуктивності та довговічності обладнання. Їхня ефективність полягає в адаптації до особливостей кожного промислового середовища та гармонійній інтеграції в існуючі процеси.

Вплив прогностичного обслуговування на подовження терміну служби машин

Прогнозне технічне обслуговування є важливим кроком у підвищенні довговічності

промислового обладнання. Воно структуроване навколо кількох основних принципів:

- Збір даних у режимі реального часу: датчики Інтернету речей збирають важливі дані про стан обладнання, що дозволяє ідентифікувати слабкі сигнали несправностей.
- Прогнозний аналіз за допомогою штучного інтелекту: штучний інтелект аналізує тенденції та точно прогнозує потреби в технічному обслуговуванні, тим самим уникаючи дорогих поломок.
- Оптимізація графіка втручань: технічне обслуговування планується проактивно, що скорочує час простою та забезпечує оптимальну операційну ефективність.

Впровадження ефективної стратегії довговічності обладнання для МТП

Впровадження стратегії довговічності для промислових машин вимагає методичного та структурованого підходу. Цей процес включає кілька важливих кроків, від початкової оцінки до моніторингу продуктивності.

Тому важливо розуміти кожен етап процесу, щоб максимізувати ефективність інвестицій та гарантувати стаке вдосконалення обладнання.

Оцінка поточного стану є першим фундаментальним кроком стратегії. Вкрай важливо:

- Провести комплексний аудит існуючого обладнання.
- Точно задокументувати вік, історію технічного обслуговування та продуктивність кожної машини.
- Збирати дані про виробництво, час простою та витрати на технічне обслуговування, щоб визначити найважливіше обладнання.
- Проаналізувати повторювані режими відмов, щоб зрозуміти слабкі місця.
- Залучити польові бригади: їхні щоденні спостереження дають цінну інформацію про фактичну роботу машин. Доповнити цю інформацію об'єктивними вимірюваннями та технічними оглядами.

Визначення реалістичних цілей довговічності залежить від результатів початкової оцінки. Ці цілі повинні бути:

- Конкретні: чітко визначені.
- Вимірювані: кількісно вимірні для відстеження прогресу.
- Досяжно: реалістичні за наявних ресурсів.
- Визначено у чітко встановлені терміни.

Пріоритетність потрібно надати найважливішим машинам для виробництва. Потрібно встановити прогресивні етапи, а не одну довгострокову мету, щоб полегшити моніторинг та підтримувати мотивацію команди.

Потрібно залишатись амбітними, водночас прагматично ставлячись до доступних ресурсів.

Технології та стратегії для конкретного підприємства МТП

Вибір технології залежить від конкретних цілей та бюджету. Врахуйте:

- Рішення для прогнозного обслуговування на основі Інтернету речей: для постійного моніторингу стану машин.
- Інструменти цифровізації процедур технічного обслуговування: для стандартизації втручання та зменшення кількості людських помилок.
- Платформи комп'ютеризованої системи управління технічним обслуговуванням: для централізації всієї інформації.
- Розумні датчики: для збору даних у режимі реального часу та виявлення аномалій до того, як вони спричинять збої.

Однак переконайтеся, що ваші спеціалісти опанували ці нові технології.

Навчання команди є ключовим фактором успіху для підвищення довговічності промислового обладнання. Важливо:

- Визначити необхідні навички для кожної посади.
- Розробити навчальну програму, адаптовану до конкретних потреб.
- Організувати теоретичні та практичні заняття для гарантії повного засвоєння.
- Використовувати цифрові інструменти для створення інтерактивних робочих інструкцій.

- Залучати персонал до розробки нових процедур.
- Стандартизувати практики для забезпечення стабільної якості втручання.
- Впровадити внутрішню систему сертифікації для підтвердження набутих навичок.
- Регулярно проводити оновлене навчання.

Моніторинг відповідних показників дозволяє оцінити ефективність стратегії довговічності. Необхідно:

- Виміряти загальну ефективність обладнання МТП.
- Контролювати кількість незапланованих збоїв та їх середню тривалість.
- Проаналізувати динаміку витрат на технічне обслуговування відносно доходу.
- Відстежувати середній час напрацювання між відмовами для кожного критичного обладнання.
- Вимірювати середній час до ремонту для оптимізації втручання.
- Інтегрувати екологічні показники, такі як питоме споживання енергії.

Таким чином, підвищення довговічності промислового обладнання вимагає комплексного та методичного підходу. Ключові моменти включають ретельну оцінку існуючого стану, реалістичне визначення цілей та впровадження відповідних технологій. Крім того, навчання персоналу та моніторинг відповідних показників гарантують успіх підходу.

Керування зносом деталей обладнання МТП

Кожна машина, транспортний засіб та будь-який об'єкт неминуче з часом зношуються. Знос – це просто факт життя під час технічного обслуговування, ремонту та експлуатації.

Незаплановані простої є надзвичайно дорогими. Наприклад, у американському автомобільному секторі незаплановані простої коштують 2,3 мільйона доларів на годину, або понад 600 доларів на секунду.

Знос – це природне, поступове погіршення стану активу, яке відбувається в результаті нормального використання з часом.

Поширені причини зносу

У промислових умовах на знос впливає кілька факторів:

Частота та інтенсивність використання: Чим частіше ви використовуєте обладнання, тим швидше зношуються його компоненти.

Якість матеріалів: Високоякісні матеріали, як правило, довше витримують знос, тоді як дешевші деталі можуть швидше зношуватися.

Робоче середовище: Суворі умови експлуатації значно прискорюють знос. Вплив екстремальних температур, холоду, вологості, пилу або агресивних хімічних речовин може призвести до швидшого руйнування матеріалів.

Методи технічного обслуговування: Неналежне технічне обслуговування є основною причиною прискореного зносу. Планове технічне обслуговування виявляє та усуває незначні проблеми зносу, перш ніж вони погіршаться.

Експлуатаційні звички: Добре навчена команда, яка дотримується належних операційних процедур, уникне зайвого навантаження на машини.

Знос проти пошкоджень: ключові відмінності

Знос – це поступове, очікуване знецінення обладнання внаслідок нормального використання та старіння, тоді як пошкодження стосується шкідливої події або дії, що виходить за межі нормального використання.

Звичайний знос не змінює функціонування активу фундаментально одразу, це повільна втрата ефективності. Пошкодження, навпаки, часто призводить до раптової втрати функціональності або вимагає негайного ремонту.

Ви можете передбачити та «запланувати» знос, тоді як пошкодження є неочікуваними та не можуть бути заплановані. Наприклад, коли підшипники зношуються після завершення свого номінального терміну служби, це нормально. Однак, якщо підшипник заклинює, тому що його ніколи не змащували, це пошкодження спричинене поганим обслуговуванням.

Реальні приклади зносу в різних галузях промисловості

У виробничих умовах обладнання часто працює на високих швидкостях або під велики-

ми навантаженнями, що робить механічний знос постійною проблемою.

Приклади включають:

- Підшипники в двигунах і конвеєрних роликах поступово зношуються, що призводить до вібрації та шуму.
- Зубці шестерень у важкій техніці повільно втрачають свою форму через тертя.
- Конвеєрні стрічки зношуються або розтягуються після тривалого використання.

Транспортування та обслуговування автопарку

Для автопарків поширені проблеми зносу включають:

- Протектор шин зношується з кожною милею.
- Гальмівні колодки поступово стоншуються.
- Компоненти двигуна, такі як свічки запалювання, ремені вентилятора та фільтри, зношуються внаслідок використання.

Ось чому для автомобілів існують рекомендовані інтервали обслуговування. Професійна команда технічного обслуговування планує профілактичне обслуговування автомобілів: заміна оливи та фільтра через встановлені інтервали, комплексні огляди, ротація шин та своєчасна заміна деталей.

Вплив на витрати на технічне обслуговування та термін служби активів

Гарне технічне обслуговування може значно подовжити термін служби обладнання, тоді як нехтування ним може скоротити його. Коли компоненти зношуються повільно, а ви замінюєте їх своєчасно, активи можуть продовжувати працювати з майже піковою продуктивністю набагато довше.

Неконтрольований знос швидко прискорюється, перевищуючи межі початкового компонента. Зношений підшипник може призвести до перекосу валу, що пошкоджує ущільнення та інші компоненти, потенційно руйнуючи весь насос. Своєчасна заміна цього підшипника вартістю 50 доларів може заощадити вам дорогу заміну насоса вартістю 5000 доларів у майбутньому.

Управління зносом робить бюджетування на технічне обслуговування більш передбачуваним.

Вплив на безпеку, відповідність вимогам та час простою

Зношене обладнання створює загрозу безпеці. Багато промислових аварій виникають безпосередньо через те, що обладнання працює понад свій максимальний термін: зношені троси підйомника ламаються під навантаженням, зношені шини лопаються, а перегріті підшипники викликають пожежі.

Нормативні акти, чітко вимагають від роботодавців підтримувати обладнання в безпечному стані. Якщо аварія пов'язана з відсутністю технічного обслуговування, ваша компанія може зіткнутися з серйозними штрафами та відповідальністю.

Знос обладнання є однією з основних причин незапланованих простоїв. Непередбачені зупинки виробничої лінії означають втрату продукції, пропущені терміни, незадоволення клієнтів та марні витрати на робочу силу.

Ефективне управління зносом дозволяє перетворити незаплановані простої на планові. Ви можете виконувати технічне обслуговування під час запланованих зупинок, замість того, щоб мати справу з неочікуваними поломками машини під час пікової роботи.

Регулярні перевірки та моніторинг стану

Першою лінією захисту від надмірного зносу є регулярний огляд. Регулярно перевіряючи стан обладнання, ви можете виявити ранні ознаки зносу, перш ніж вони перетворяться на серйозні проблеми. Щоденні оглядові огляди важкої техніки є важливими. Ці швидкі перевірки виявляють ранні проблеми, такі як зношування ременів або низький рівень рідин, що дозволяє вашій команді усунути проблеми до того, як обладнання вийде з ладу.

Технології моніторингу стану стали революційними у виявленні зносу. Ці системи дозволяють безперервно перевіряти обладнання без перебоїв, забезпечуючи видимість стану активів у режимі реального часу:

- Аналіз вібрації може виявити, коли зношуються підшипники.

- Термографія може виявити гарячі точки, що свідчать про надмірне тертя.
- Аналіз оливи може виявити внутрішній знос шляхом виявлення металевих частинок.
- Ультразвукове прослуховування може виявити витік повітря або рідини.

Використовуючи ці інструменти, персонал з технічного обслуговування може перейти до прогностичного технічного обслуговування. Ви зможете виявити умови зносу до того, як вони спричинять пошкодження, та запланувати ремонт у потрібний час.

Запобігання механічному зносу сільськогосподарської техніки

Сільськогосподарська техніка надзвичайно поширена у Сполучених Штатах. Ринок сільськогосподарської техніки Сполучених Штатів прогнозував зростання використання сільськогосподарської техніки на 4,7% протягом періоду 2020-2025 років. Це означає, що ця популярність лише зростає, оскільки зростають і наші сільськогосподарські потреби.

Якщо ви користуєтеся сільськогосподарською технікою, безсумнівно, траплялися ситуації, коли вам потрібно було зосередитися на ремонті. Особливо це стосується випадків, коли ви користуєтеся технікою достатньо довго, щоб почалася її механічна зношуваність. Немає однієї-єдиної проблеми, яка б спричиняла механічний знос у пересічній сільськогосподарській техніці. Насправді, це зазвичай поєднання багатьох різних факторів. Існує три найпоширеніші причини механічного зносу.

Як і з будь-чим іншим, з часом сільськогосподарська техніка почне зношуватися. Ці машини масивні, і навіть якщо ви їх накриєте та ніколи не використовуватимете, зрештою їм знадобиться певне технічне обслуговування.

Знос з часом може проявлятися у вигляді води, що спричиняє іржу, корозію або загальне старіння (рис. 1). У будь-якому випадку, з часом вам варто звернути увагу на технічне обслуговування сільськогосподарської техніки.

Другою найпоширенішою причиною, що не дивно, є використання машини. Важка сільськогосподарська техніка зазнає значних навантажень, а сільськогосподарське середовище сповнене небезпек. Хоча ці машини загалом міцні та надійні, вони з часом виходять з ладу, як і будь-який транспортний засіб.



Рисунок 1 – Поступове зношування поверхонь деталей сільськогосподарської техніки

Можна уповільнити цей процес, але не можливо його зупинити. Знос сільськогосподарської техніки продовжується з кожним збором врожаю, перевезенням вантажу та будь-яким іншим використанням, яке ви тільки можете собі уявити. Потрібно регулярно технічно обслуговувати її, щоб уповільнити цей процес, але необхідно бути готовим до ремонту, коли настане час.

Одною з причин механічного зносу, яка повністю залежить від користувача, – це постійний догляд за технікою (рис. 2). Якщо ніколи не проводити технічне обслуговування транспортного засобу, сільськогосподарська техніка вийде з ладу набагато швидше. Догляд за сільськогосподарською технікою – це робота на повний робочий день.



Рисунок 2 – Постійний догляд за технікою

Регулярно чистіть обладнання, від найменшого візка до найбільшого трактора. Проводити загальне технічне обслуговування своїх машин і робити усе можливе, щоб підтримувати їх у робочому стані. Також можливо вжити деяких превентивних заходів, щоб забезпечити якомога кращий догляд за ними.

Виправлення механічного зносу

Зрештою, техніка зношується. Навіть найретельніші та найсуворіші процедури механічного обслуговування не зможуть зупинити неминуче. Нижче розглянуті три способи вирішення проблеми з зношеною сільськогосподарською технікою.

Ремонт та заміна

Один із найпростіших, хоча часто й найдорожчих, – це просто замінити будь-який механізм, з яким виникають проблеми. Особливо транспортні засоби з часом досягають точки, коли перестають належним чином функціонувати. Зрештою, також настає період старіння, що змушує їх замінити.

Наприклад, може виникнути несправність ремня. У такій гіпотетичній ситуації все, що потрібно зробити, це замінити ремінь або інший несправний компонент. Модернізація та виконання такого часткового технічного обслуговування можуть забезпечити роботу техніки протягом тривалого часу. Цей ремонт є частиною загального технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, тому його доведеться робити з відносною частотою.

Холодний спрей

Іноді заміна чогось неможлива – або зовсім непотрібна. Однією з технік є холодне напilenня. Хоча техніка холодного напilenня все ще дещо рідкісна, вона з кожним роком стає все більш популярною.

Також відоме як надзвукове осадження частинок, холодне розпилення виштовхує частинки металевого порошку на поверхню. Це робиться за допомогою газу під високим тиском, такого як азот або гелій. Частинки деформуються та зв'язуються з поверхнею, на яку вони вдарилися.

Це чудово підходить для ремонту невеликих тріщин та отворів, особливо в металевому обладнанні (рис. 3). Холодне напilenня можна використовувати для швидкого та ефективного ремонту активів, замість того, щоб сільськогосподарська техніка була несправна тижнями чи місяцями.



Рисунок 3 – Тріщини та отвори, які можна відремонтувати холодним напilenням

Зварювання та ремонт машин

Хоча холодне напилення неймовірно корисне, воно не є універсальним рішенням. Деякі проблеми можуть вимагати використання більшого обладнання або потребувати більшого обсягу обслуговування. Цілком ймовірно, що такий механічний знос можна виправити за допомогою зварювання та ремонту.

Великий розрив металевої поверхні (рис. 4) може потребувати зварювання. Зварювання є складним і небезпечним процесом, і не рекомендується для не підготовлених осіб. Ризик серйозного пошкодження обладнання та власного здоров'я є високим без належної підготовки та досвіду.



Рисунок 4 – Руйнування деталей, яке потребує зварювання

Механічний знос – це остаточна гарантія. Хоча технічне обслуговування сільськогосподарської техніки може допомогти запобігти його появі якомога довше, зрештою доведеться вжити трьох заходів, перелічених вище.

Підвищення довговічності колінчатих валів машин МТП нанесенням зносостійких покриттів

Плазмове напилювання

Плазмові напилювані покриття можуть бути альтернативою традиційній термічній обробці корінних шийок та колінчастих шийок колінчастого валу. Застосування плазмових покриттів різноманітне та має численні переваги порівняно з електродуговим дротяним напиленням або полум'яним напиленням. Проводились дослідження поверхневих шарів, при нанесенні порошків: $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-}25(\text{Ni}_{20}\text{Cr})$, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}13\text{TiO}_2$, $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$ на поверхню сталі 45, що використовується в конструкції колінчастого валу. Зразки були проаналізовані з точки зору мікро- та морфології за допомогою оптичної мікроскопії, скануючої електронної мікроскопії та рентгенівської дифракції. Щоб підкреслити зчеплення з основним матеріалом напиленого шару, були проведені випробування на мікроподряпини та мікродавлювання. Результати показали відносно компактний морфологічний аспект, що надається послідовними покриттями зі специфічними структурами, подібними до відблисків. Після аналізу мікроподряпин можна зробити висновок, що покриття $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}13\text{TiO}_2$ має вищу твердість порівняно з порошками $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-(Ni}_{20}\text{Cr)}$ та $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-TiO}_2$.

Борювання

Однією з основних проблем в автомобільній промисловості є знос компонентів двигуна, таких як колінчастий вал і розподільний вал, який найбільш виражений під час фази запуску двигуна, коли кількість мастильної рідини найнижча. Це дослідження має на меті підвищити зносостійкість поверхні автомобільної колінчастої сталі шляхом застосування термохімічного процесу борювання [3]. Цей процес утворює твердий поверхневий шар на сталі, покращуючи її механічні властивості та підвищуючи її зносостійкість, особливо в сухих умовах. Боридні шари були отримані за допомогою процесу порошкового борювання у звичайній печі з ретельним часом обробки 2, 4 та 6 годин при постійній температурі 950 °C. Природу шарів аналізували за допомогою рентгенівської дифракції, а їхні трибологічні характеристики оцінювали за допомогою тесту pin-on-disc. Зростання шарів було прямо пропорційним часу об-

робки та оцінювалося в 145 мкм та 48 мкм за 6 та 2 години обробки відповідно. Твердість поверхні збільшилася з 320 HV для необробленої сталі до 2034 HV для зразка, що піддавався впливу температури 950 °C протягом 6 годин. Результати вказують на значне зниження коефіцієнта тертя з 0,43 для необробленої сталі до 0,12 для зразків, що піддавалися впливу температури 950 °C протягом 6 годин, що свідчить про потенційний захист від зносу під час запуску двигуна.

Лазерне гартування

Однією з провідних причин поломок в автомобільній промисловості є знос компонентів двигуна, таких як колінчастий та розподільний вал [4]. Знос цих компонентів відбувається головним чином через недостатнє змащування під час роботи двигуна. Ще одним критичним моментом з точки зору зносу цих елементів є початок роботи двигуна, оскільки мастильна рідина знаходиться внизу. У цьому випадку механізм захисту поверхні матеріалів протягом цього короткого періоду може бути бажаним, щоб мінімізувати ризик зносу та можливого передчасного виходу з ладу двигуна.

У цьому контексті обробка поверхні, здатна захистити матеріали під час запуску двигуна (коли олива ще не досягла всіх критичних деталей), може допомогти зменшити ризик передчасного зносу. Різні дослідники зосередилися на покращенні властивостей поверхні колінчастих валів автомобілів. Чженю Чен та ін. [15] покращили властивості поверхні колінчастого вала з ковкого чавуну QT700-2 за допомогою процесу лазерного гартування. Вони досягли значень твердості поверхні в діапазоні від 783 до 847 HV.

Нітроцементация методом електроіскрового легування (ЕІЛ).

В [5] був розглянутий технологія цементації, яка виконувалась за допомогою ЕІЛ. Були досліджені зразки зі сталі 20 та 40. Проводили під час досліджень: металографічні та дюрOMETричні іспити та рентгеноспектральні аналізи, а також використовували дослідження поверхонь на шорсткість. Традиційну технологію нітроцементації проводять хіміко-термічним методом обробки (ХТО), шляхом насичення поверхневого шару деталі одночасно вуглецем і азотом. ХТО проводять при високій температурі, приблизно 1000 °C.

Така технологія має багато недоліків: довгий час обробки, великий розхід електроенергії, поводки та короблення деталі тощо.

Нітроцементация методом ЕІЛ не має цих недоліків [6-8]. Процес відбувається в локальному місці.

Порівняльним аналізом технології традиційної нітроцементації та виконаній методом ЕІЛ встановлено, що, відповідно шорсткість поверхні знижується з 8,30–9,50 мкм до 3,20–4,80 мкм, а суцільність досягає суцільність 100%, глибина перехідної зони з дифузії вуглецю досягає 80,0 мкм, а мікротвердість білого шару досягає 9930 МПа глибиною 230,0 мкм.

Висновки:

1 Проаналізовані загальні проблеми що впливають на довговічність обладнання МПП та основні причини зношування його деталей і методи його зменшення.

2. Проаналізовані сучасні технології та види модернізації для підвищення довговічності колінчастих валів тракторів та вантажних автомобілів

3. Проаналізовані технології підвищення довговічності колінчастих валів, шляхом нанесення зносостійких покриттів.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА:

1. Durchak, K.; Ekelsky, A.; Kozlovsky, R.; Zhelazinsky, T.; Pilarsky, K. A computer system supporting decisions on the purchase of agricultural machinery and tractors. Heliyon 2020 , 6 , e05039. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
2. Efremov, A.A., Sotskov, Y.N., and Bilotska, Y.S. (2023). Optimization of the selection and use of machine and tractor fleet in agricultural enterprises: a case study. Algorithms , 16 (7), 311. <https://doi.org/10.3390/a16070311>
3. Hernández-Sánchez E, Hernández-Domínguez D, Tadeo-Rosas R, Sánchez-Fuentes Y, Linares-

- Duarte LA, Orozco-Alvarez C, Miranda-Hernández JG, Carrera-Espinoza R. Tribological and Mechanical Behavior of Automotive Crankshaft Steel Surficially Modified Використання процесу бурування. *Покриття*. 2024; 14(6):716. <https://doi.org/10.3390/coatings14060716>
4. Chen, Z.; Yu, X.; Ding, N.; Cong, JC; Sun, J.; Jia, Q.; Wang, C. Підвищення зносостійкості колінчастого вала з ковкого чавуну QT700-2, обробленого лазерним гартуванням. *Opt. Laser Technol.* 2023, 109, 164519. [Google Scholar] [CrossRef]
 5. В. Б. Тарельник, О. П. Гапонова, Г. В. Кирик, Є. Коноплянченко В. В., Тарельник Н. В., Мікуліна М. О. Цементация стальных деталей электроискровым легуванням // *Металлофіз. Новітні Технолог.*, 42, № 5: 655—667 (2020) (укр.)
 6. Техногенна безпека АЕС: Навч. посібн.; Ч. II / Д. О. Чалий, А. Б. Тарнавський, Р. Ю. Сукач, Р. Б. Веселівський; Держ. служба України з надзвичайних ситуацій; Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – Львів: Каменярь, 2020. – 340 с.
 7. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості: монографія/ В.С. Марцинковський, В.Б. Тарельник, та ін.; за ред. В. Б. Тарельника, Є.В. Коноплянченка. - Суми: Видавництво «ФЛП Литовченко Е.Б.», 2020.- 410 с.- Українською мовою.
 8. Тарельник В.Б, Коноплянченко Є.В., Гапонова О.П, Тарельник Н.В. Забезпечення захисту поверхонь торцевих імпульсних ущільнень турбомашин шляхом формування зносостійких наноструктур: монографія / під загальн. ред. В.Б. Тарельника. Суми: Університетська книга. 2022. 260 с.

UDK 621.9.048

Konoplianchenko Ie., PhD, Assoc. Professors, Herasimenko V., PhD, Assoc. Professors, Skrypnyk V., Boyko A., Maksimov P., Master's Students, SNAU, Sumy, Ukraine

MODERN ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES FOR STRENGTHENING STEEL COMPONENTS

Enhancing the wear resistance of steel components is one of the key directions in modern mechanical engineering, as wear largely determines the durability and reliability of machine operation. Steel is widely used for manufacturing parts that operate under friction, high loads, and elevated temperatures; therefore, improving its surface properties remains an urgent issue. The main objective of surface layer strengthening is to create a stable structure with increased hardness, reduced friction coefficient, and improved resistance to corrosion and thermal effects, while maintaining the toughness and strength of the component's core.

The current stage of surface hardening technology development is characterized by the extensive use of various methods-thermal, thermochemical, mechanical, laser, plasma, and combined approaches. Traditional techniques such as carburizing, nitriding, and cyaniding remain widely used due to their proven effectiveness; however, they are being gradually optimized to reduce energy consumption and improve process control. New technologies, including laser hardening, plasma and ion-plasma nitriding, and coating deposition using high-frequency energy sources, have become increasingly prevalent. These methods enable targeted formation of the surface layer structure, allowing control over diffusion depth, hardness, and microgeometry.

A promising approach to improving wear resistance is electro-spark alloying (ESA)-a pulsed process in which material is transferred from a consumable electrode (anode) to the surface of the part (cathode) via micro-arcs that generate extremely high local temperatures and ultra-short pulse durations. This process forms a metallurgically bonded layer composed of carbides, borides, nitrides, or alloys based on refractory elements. Key features include low heat input and a minimal heat-affected zone, the ability to locally restore and harden geometrically complex or hard-to-reach areas, the creation of micro-textures (oil-retaining pockets), and the possibility of combining coating compositions by changing electrodes. At the same time, ESA coatings are characterized by increased roughness and porosity, limited thickness (tens to hundreds of micrometers), structural het-

erogeneity between individual microcraters, and the need for final mechanical finishing. ESA is particularly suitable for machine parts operating under friction and in corrosive-abrasive environments, such as shafts and journals, bearing seats, cams, tool edges, gear teeth, guides, dies, and molds. It is also used for repair and restoration work to extend component service life. Compared with diffusion-based methods (carburizing, nitriding), ESA provides a rapid, localized effect without high-temperature furnaces or long cycles, though it offers less uniformity and shallower hardened layers. In contrast to laser cladding and thermal spraying, ESA is more cost-effective, mobile, and thermally safer (with less deformation and lower overheating risk), but it has lower productivity and less controllable microstructure and surface topography without subsequent grinding. Compared with ion-plasma nitriding or carbonitriding, ESA produces thicker and harder localized coatings with specific functional properties (e.g., anti-seizure Mo-, W-, or Ti-containing layers), but it scales poorly for mass production and cannot achieve full-surface uniformity. Thus, electro-spark alloying is an advantageous, highly selective, and energy-efficient technology for strengthening and repairing components with minimal equipment downtime-especially when localized functional coatings and rapid service restoration are required-provided that its limitations regarding coating thickness, roughness, and the need for final finishing are taken into account.

In summary, surface hardening technologies are among the most effective means of enhancing the wear resistance of steel components without significantly increasing product mass or cost. They extend component service life severalfold and enable the creation of materials with tailored properties for specific operating conditions.

Заміховський А. Ю., магістрант, Позовний О.О., старший викладач, СумДУ, м.Суми, України

АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОЦИЛІНДРА НАВАНТАЖУВАЧА

Робота присвячена комплексному дослідженню впливу конструктивних параметрів гідроциліндрів[1], таких як діаметр поршня, діаметр штока, товщина стінки гільзи та тиск робочого середовища, на їхню вантажопідйомність. Основною метою є розробка методики оптимізації конструкції для підвищення надійності, довговічності та загальної ефективності вантажопідіймального обладнання[2].

Гідроциліндри є критично важливими елементами навантажувачів та іншої спецтехніки, а їхня надійність безпосередньо впливає на безпеку та продуктивність. Аналіз існуючих конструкцій показує, що вони часто проектуються з надмірним коефіцієнтом запасу міцності, що призводить до невиправданого збільшення маси та металоемності. З іншого боку, часто недооцінюється вплив динамічних та асиметричних (бічних) навантажень, що стає причиною передчасного виходу з ладу, прискороного зносу ущільнень та аварійних ситуацій. Некоректний розрахунок вантажопідйомності є однією з головних причин підвищених витрат на технічне обслуговування та ремонт[4].

Для вирішення поставлених завдань було реалізовано комплексний підхід. На першому етапі була розроблена параметрична твердотільна модель гідроциліндра в CAD-системі SolidWorks. Далі було проведено аналітичний розрахунок основних силових факторів та напружень, що виникають під час підйому вантажу, з використанням класичних формул гідростатики та опору матеріалів. Для глибокого аналізу напружено-деформованого стану (НДС) конструкції в умовах, наближених до реальних, було застосовано метод скінченних елементів (МСЕ) у програмному середовищі ANSYS. Це дозволило візуалізувати зони концентрації напружень та визначити деформації з урахуванням складних умов навантаження, включно з бічними силами[5].

В результаті проведених розрахунків та моделювання були встановлені кількісні залежності між зміною діаметра поршня та вантажопідйомністю, а також оцінено вплив діаметра штока на ефективну площу поршня, що визначає зусилля як при прямому, так і при зворот-

ному ході. На основі порівняльного аналізу різних конструктивних варіантів були запропоновані оптимальні геометричні співвідношення елементів гідроциліндра для конкретних діапазонів вантажопідйомності, що забезпечують необхідну міцність при мінімальній масі.

Таким чином, доведено, що прецизійний розрахунок робочих навантажень та подальша конструктивна оптимізація дозволяють значно підвищити ефективність гідроциліндрів, збільшити їхній термін служби та суттєво зменшити експлуатаційні витрати. Запропоновані методичні підходи та конструктивні рішення можуть бути успішно впроваджені при проектуванні нових та модернізації існуючих вантажопідіймальних машин.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА:

1. Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід : підручник / В. Р. Кулінченко. — Київ: ІНКОС, Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.
2. Гідро- та пневмосистеми в автотракторобудуванні : навчальний посібник / В.Б. Самородов, Г.А. Аврунін, І.Г. Кириченко, А.І. Бондаренко, Є.С. Пелипенко - Харків: ФОП Панов А.М., 2020. – 524 с.
3. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. — 2-ге вид., допов. і переробл. — К.: Вища шк., 2004. - 655 с.
4. Budynas RG, Nisbett JK. Shigley's mechanical engineering design. 10th ed. McGraw-Hill Education; 2015.
5. 'Finite Element Modeling and Simulation With ANSYS Workbench' (2014) *ProtoView*. Beaverton: Ringgold, Inc.

Сіднін В. В., магістрант, Позовний О.О., старший викладач, СумДУ, м.Суми, України

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРІЇ ВХОДУ ТА ВИХОДУ БЕЗКОНТАКНИХ ШПАРИННИХ УЩІЛЬНЕНЬ

У сучасних високошвидкісних роторних машинах безконтактні кільцеві ущільнення виконують подвійну функцію: мінімізацію витоків робочої рідини та забезпечення динамічної стабільності ротора[1]. Ця робота присвячена аналізу того, як інтегральний розподіл тиску по поверхні вала у шпаринному ущільненні формує гідростатичну силу. Ця сила має вирішальний вплив на динамічні характеристики ротора і може як протидіяти його зміщенню від центрального положення, так і, за певних умов, сприяти цьому зміщенню. При ексцентриситеті вала виникає асиметричний розподіл тиску, що генерує відновлювальну радіальну силу, величина якої визначає здатність системи протистояти дестабілізуючим факторам.

Ключовим механізмом формування тиску на початку ущільнювального каналу є місцеві втрати на вході. Гостра входна кромка ($\zeta_{11} \approx 0.5$) спричиняє значне стиснення потоку та, як наслідок, різке падіння тиску, пропорційне квадрату швидкості. При ексцентриситеті це призводить до значної різниці тисків між вузькою та широкою частинами зазору, що генерує потужну центрувальну силу. На противагу цьому, заокруглена кромка ($\zeta_{11} \approx 0.05$) мінімізує входні втрати, що значно послаблює ефект входних втрат і знижує пряму жорсткість ущільнення. Водночас геометрія виходу впливає на динаміку більш складно через явище відновлення тиску[2]. Використання дифузornoї конусності на виході дозволяє перетворити частину кінетичної енергії потоку назад у статичний тиск. Дослідження показують, що цей ефект може послаблювати загальну центрувальну силу, зменшуючи пряму жорсткість (K) та пряме демпфування (C). Це ілюструє важливу відмінність: для динамічних систем важливий не лише абсолютний рівень сили, але й оптимальний баланс усього набору динамічних коефіцієнтів (K, k, C, c)[3].

У ході дослідження було також встановлено, що геометрія входних та вихідних кромок (зокрема, заокруглених та з фасками) суттєво впливає не лише на величину радіальних сил, але й на об'єм витоків через ущільнення.

Таким чином, ігнорування впливу геометрії ущільнення на радіальні сили є еквівалентом

експлуатації вантажопідйомного обладнання без розрахунку його несучої здатності, що неминуче веде до аварій, роторної нестабільності, автоколивань та виходу з ладу всього агрегату. Сучасні методи аналізу, зокрема обчислювальна гідродинаміка (CFD), дозволяють проводити точний розрахунок радіальних сил в ущільненнях. Це перетворює проектування геометрії кромek із задачі мінімізації витоків на цілеспрямований процес інженерного конструювання стабільної та надійної роторної системи.

ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА:

1. Екологічна безпека експлуатації компресорного і насосного обладнання : монографія / Володимир Альбінович Марцинковський, В'ячеслав Борисович Тарельник, Богдан Антошевський, В. С. Марцинковський, О. В. Радіонов ; Сум. держ. ун-т ; за ред. О. В. Радіонов. – Суми : Сум. держ. ун-т, 2018. – 281 с.
2. O. Pozovnyi, A. Deineka, D. Lisovenko Calculation of hydrostatic forces of multi-gap seals and its dependence on shaft displacement, Lect Notes Mech Eng, Springer, Cham (2020), pp. 661-670, 10.1007/978-3-030-22365-6_66
3. Andriy Zahorulko, Oleksandr Pozovnyi, Grzegorz Peczkis, CFD study of radial and tangential forces in two-annular seals, Tribology International, Volume 184, 2023, 108449, ISSN 0301-679X, doi.org/10.1016/j.triboint.2023.108449

Доценко А.О., аспірант, СНАУ, м.Суми, Україна

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

В сільськогосподарських підприємствах фермерських господарствах та підприємствах агропромислового комплексу (АПК) України використовуються машини, які під час роботи піддаються ерозійному, гідроабразивному, кавітаційному та іншим видам зношування. Інтенсивним процесам зношування поверхневих шарів піддається дуже велика кількість насосів та pomp, які виготовляються з різних матеріалів, мають свої конструктивні особливості, залежність проточних частин від різноманітних рідких агрономічних препаратів, температури роботи, гідроабразивного середовища тощо.

Зношування поверхонь деталей машин супроводжується погіршенням їх робочих параметрів, зниженням ККД, герметичності та екологічної безпеки. Вирішення проблеми підвищення ресурсу машин, що працюють в умовах підвищеного гідроабразивного та ерозійного зносу тісно пов'язана з параметрами якості поверхонь їх деталей (матеріалу, твердості, мікро і макроструктури, шорсткості тощо) що є актуальним в теперішній час і потребує негайного вирішення.



Рисунок 1 - Використання ССВ технології забезпечення необхідної якості поверхневих шарів деталей, які працюють в умовах гідроабразивного зношування

Метою дійсної роботи є підвищення надійності та довговічності деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування (ГЗ), шляхом розробки системного підходу до вибору технологій контролю параметрів якості поверхневих шарів їх деталей. Система спрямованого вибору (ССВ) технології покращення якості поверхневих шарів виробів охоплює весь її життєвий цикл, який включає: матеріал виробу, його елементів, технологію виготовлення виробу та його елементів, технологію відновлення працездатності тощо.

Всі вони розглядаються за допомогою спеціальних методів спрямованого вибору, згаданих вище. Водночас необхідно враховувати вплив обраних методів один на одного, що зрештою впливатиме на якість продукції. У такій інтерпретації простежується сам метод системного аналізу. На основі теоретичних досліджень нами вдосконалено взаємозалежність інформаційної сфери, яка складається з науково-технічної підготовки виробництва: конструкторської, технологічної, організаційної та науково-дослідної роботи, та матеріальної сфери, яка включає: виробництво, експлуатацію, ремонт та утилізацію. Також розроблено ССВ екологічно безпечної технології управління параметрами якості поверхневих шарів деталей машин, що працюють в умовах ГЗ. Зазначається, що за необхідності вирішення оптимізаційних завдань, пов'язаних з вибором екологічно безпечної технології управління параметрами якості поверхневих шарів деталей машин, що працюють в умовах ГЗ, значно зростає роль інформаційної сфери, яка складається з результатів знань, виражених у законах, теоріях, наукових гіпотезах. Завдяки інформаційній сфері створюються та набувають відносної самостійності такі форми та засоби, як ідея, проблема, гіпотеза, концепція, закон, теорія.

UDK 621.9.048

Konoplianchenko Ie., PhD, Assoc. Professors, Herasimenko V., PhD, Assoc. Professors, Savchenko S., Lyban' D., Master's Students, SNAU, Sumy, Ukraine

THE USE OF INDUSTRIAL LASERS FOR STRENGTHENING THE WORKING PARTS OF SOIL-TILLAGE MACHINERY

The development of modern agricultural engineering is directly linked to the improvement of reliability, durability, and operational efficiency of agricultural machinery. Under conditions of intensive operation, soil-tillage implements are subjected to severe abrasive wear due to their constant contact with the soil. This creates an urgent need for advanced methods to enhance the wear resistance of functional parts such as plowshares, chisels, cultivator tines, blades, cutting tools, and harrow disks, which experience friction, impact, and dynamic loads during service. Traditional hardening techniques - such as carburizing, nitriding, induction hardening, or deposition of hard-metal coatings - though capable of increasing surface strength, often lead to significant thermal deformation, high energy consumption, uneven hardness distribution, and distortion of the original geometry. In contemporary manufacturing, preference is given to high-precision, energy-efficient, and environmentally benign surface treatment methods. One of the most promising among them is laser surface hardening.

Today, laser technologies occupy a prominent position in manufacturing, metallurgy, automotive, aerospace, and agricultural industries. They are used not only for precision cutting and welding but also for localized heat treatment of metals, enabling controlled microstructural modification without bulk overheating. In the agricultural sector, this technology is particularly relevant because the demand for durable and reliable tillage tools is increasing in parallel with the growth of mechanized farming. The use of industrial lasers makes it possible to significantly extend the service life of soil-engaging tools, reduce maintenance and replacement costs, and maintain stable agronomic performance with minimal energy input. Moreover, modern laser systems are becoming more accessible and economically feasible, which accelerates their integration into agricultural machinery production lines. The advent of computer-controlled and digitally regulated laser systems enables precise control of processing parameters, automation of workflows, and consistent repeatability of

results. The current state of research and industrial practice demonstrates that laser surface strengthening is gradually replacing conventional thermal hardening methods, particularly in cases where high surface hardness, minimal deformation, and precise energy control are required. Both in Ukraine and abroad, enterprises have already implemented laser treatment systems for reinforcing plowshares, cultivator shovels, harrow disks, and other soil-engaging components. Consequently, the present stage of development can be characterized as one of active technological adoption, supported by a strong foundation of research in laser-thermal material processing.

Laser surface hardening relies on the use of a highly concentrated beam of electromagnetic radiation to rapidly heat a thin surface layer of metal to the austenitization temperature range (approximately 900–1300 °C), followed by self-quenching due to heat conduction into the cooler core of the material. This rapid thermal cycle produces a fine-grained martensitic or bainitic microstructure that exhibits significantly increased hardness, wear resistance, and fatigue strength. The hardened zone typically ranges from 0.2 mm to 1.5 mm in depth, with a narrow heat-affected zone that minimizes distortion. By adjusting parameters such as laser power, beam traversal speed, and spot size, engineers can precisely control the depth and intensity of the hardened layer while preserving dimensional accuracy. The primary types of industrial lasers used for this purpose include CO₂ gas lasers, solid-state Nd:YAG or Yb:YAG lasers, and fiber lasers. CO₂ lasers are capable of delivering high power and deep energy penetration, though their focusing precision is limited. Solid-state lasers, by contrast, provide better control, stable output, and are well suited for small or complex geometries. Fiber lasers, the most advanced and rapidly developing class, combine compact design, high energy efficiency, and excellent compatibility with robotic automation systems.

Depending on the mode of interaction between the beam and the material, several principal techniques of laser strengthening are distinguished: laser hardening, laser alloying, laser cladding, and hybrid methods. Laser hardening involves localized heating of the surface without the addition of any external materials; it is the most widely used method for steels such as 40Cr, 30KhGSA, or 65G. Laser alloying entails pre-coating the surface with a thin layer of alloying paste or powder that melts together with the substrate during irradiation, forming a composite surface layer enriched with alloying elements to improve hardness, corrosion, or oxidation resistance. Laser cladding uses continuous feeding of metallic or composite powders or wires into the melt pool created by the laser beam, producing a wear-resistant coating of 0.5–3 mm thickness. This technique is particularly valuable for the restoration of worn parts or for the creation of multilayer structures with tailored properties. Hybrid approaches, which combine laser treatment with induction or plasma heating, allow deeper hardening while maintaining high precision.

A key advantage of laser technology lies in its flexibility. The beam can be precisely directed along complex trajectories, enabling selective treatment of high-wear zones while leaving other regions relatively ductile to prevent brittle fracture. For tillage tools, this means that only the cutting edge or the tip of a chisel may be hardened, while the remainder of the component retains sufficient toughness. Modern systems incorporate real-time feedback control, pyrometric temperature monitoring, and computer-aided motion programming, ensuring high process stability and repeatability. Laser hardening is now employed not only in agriculture but also across the automotive, aerospace, energy, and tooling industries, where it has been shown to extend component lifetimes by a factor of 1.5 to 3 and reduce overall maintenance costs. In agricultural applications, the most common parts treated include plowshares, chisel points, coulters, shredder blades, harrow disks, shafts, and gears—essentially all elements subjected to abrasive soil contact. Experimental studies indicate that after laser hardening, the hardness of steel grade 65G can increase from 35–40 HRC to 60–62 HRC, resulting in a two- to threefold improvement in wear resistance. Furthermore, the process does not induce residual stresses or distortions typical of conventional quenching. The efficiency of the treatment depends on the precise optimization of parameters such as beam power, scan velocity, and spot geometry; therefore, each component and material requires individual calibration of processing modes.

A comprehensive assessment of research and practical results confirms that the use of industrial lasers for strengthening soil-tillage tools offers considerable technological and economic ad-

vantages. Laser treatment significantly extends service life, reduces maintenance downtime, and minimizes the need for spare parts. Although the initial cost of laser equipment remains relatively high, the return on investment is achieved through lower operating expenses, increased productivity, and improved equipment reliability. From an environmental perspective, laser processing is inherently clean - it does not require chemical quenchants, oils, or cooling fluids, and it can be fully automated, enhancing workplace safety and sustainability. The technology also aligns with the principles of Industry 4.0, enabling seamless integration with robotic systems and digital manufacturing networks.

In terms of metallurgical quality, laser hardening provides precise thermal control and uniform microstructural transformation, yielding surfaces free from cracks, pores, or overheating. This ensures predictable mechanical properties and long-term operational stability of the treated components. The future development of this field is expected to focus on adaptive process control, real-time temperature feedback, and the introduction of next-generation lasers - including ultrashort-pulse and hybrid laser-plasma systems - capable of even higher precision and energy efficiency. In the coming years, laser surface treatment is likely to become a standard technology in agricultural machinery manufacturing, gradually replacing induction or flame hardening.

In summary, the application of industrial lasers for strengthening soil-engaging components represents a clear example of how cutting-edge engineering innovations contribute directly to the advancement of agricultural production. This technology enables the creation of next-generation machinery that combines high productivity, reduced operational costs, and extended service life. Its widespread implementation will not only enhance the technical performance of agricultural equipment but also promote ecological sustainability through more rational use of materials and energy resources. Therefore, laser surface strengthening stands out as one of the most promising directions in the modernization of agricultural engineering - uniting precision, reliability, and economic feasibility, while opening new pathways for improving the efficiency and sustainability of the agro-industrial sector as a whole.

УДК 656.1/.7

Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., СНАУ, Суми, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК КАТАЛІЗАТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Ключові слова: сталий розвиток, взаємодія видів транспорту, інтелектуальні транспортні системи, електрифікація транспорту, цифровізація логістики, мультимодальні перевезення.

Розвиток транспортної системи є ключовим фактором для економічного зростання та сталого розвитку. В Україні, яка прагне інтегруватися в європейський простір, впровадження інноваційних транспортних технологій набуває особливого значення. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю подолання екологічних викликів, підвищення ефективності перевезень та інтеграції різних видів транспорту.

Основними напрямками впровадження прогресивних технологій в Україні є:

- електрифікація транспорту. Активне зростання ринку електромобілів та легкого електричного комерційного транспорту, розширення мережі зарядних станцій, наявність державної стратегії щодо заміни громадського транспорту на електричний до 2030 року.
- інтелектуальні транспортні системи (ІТС). Впровадження елементів ІТС у великих містах для управління трафіком та оптимізації маршрутів, використання GPS-трекерів та систем моніторингу для громадського та вантажного транспорту, цифровізація оплати проїзду за допомогою безконтактних технологій.
- цифровізація логістики. Активне використання систем управління транспортом (TMS) для оптимізації вантажних перевезень, застосування аналітичних платформ для ефективного розподілу вантажів і зниження експлуатаційних витрат, взаємодія видів транспорту та її значення.
- розвиток мультимодальних перевезень. Комбінування автомобільного, залізничного та морського транспорту є найбільш перспективним напрямком для оптимізації логістичних ланцюжків. Інтеграція логістичної інфраструктури, розбудова сучасних логістичних хабів є ключовою для ефективного перевантаження та сортування вантажів, що сприяє безперебійному руху товарів.

Особлива роль в розвитку транспортної системи відводиться автомобільному транспорту. Автомобільний транспорт виступає як гнучка ланка для перевезення вантажів на короткі відстані ("перша та остання миля"), забезпечуючи зв'язок із залізничними та морськими терміналами. Разом з тим основними викликами для нього є:

- необхідність значних інвестицій в оновлення парку та інфраструктури;
- потреба у висококваліфікованих фахівцях, здатних працювати з новими технологіями;
- проблеми кібербезпеки та захисту даних.

В той же час, інтеграція української транспортної системи з європейською, зокрема з Транс'європейською транспортною мережею (TEN-T), є стратегічним пріоритетом. Ця перспектива передбачає не лише формальне узгодження нормативно-правової бази, а й масштабну модернізацію фізичної інфраструктури, а саме:

- гармонізація стандартів: необхідним є перехід до європейських технічних стандартів на залізниці, автомобільних дорогах та річковому транспорті. Це включає впровадження систем автоматичного управління рухом (ERTMS), уніфікацію габаритів та навантажень для підвищення операційної сумісності (interoperability).
- інвестиції в "Вузли": пріоритетним є розвиток прикордонних переходів, логістичних хабів та морських портів, що виступають ключовими точками перетину міжнародних транспортних коридорів. Посилення їхньої пропускну здатності та цифровізація митних

процедур скоротить час доставки та підвищить привабливість України як транзитної держави.

- спрощення логістики: запровадження європейських правил мультимодальних перевезень та спрощення доступу українських операторів до європейського ринку перевезень (наприклад, через лібералізацію дозволів) забезпечить стійкі та ефективні ланцюги постачання.

Впровадження прогресивних транспортних технологій в Україні є не просто трендом, а життєвою необхідністю для забезпечення сталого розвитку. Це дозволить підвищити конкурентоспроможність економіки, покращити екологічну ситуацію та забезпечити високий рівень безпеки і комфорту для громадян.

УДК 631.37

Ярошенко П.М., к.т.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Перевезення великогабаритних і важковагових вантажів, які час від часу з'являються в аграрному виробництві є одним із непростим завданням, з яким стикаються підрядники транспортних компаній. Дуже важливо, щоб процес транспортування на різних етапах був організований таким чином, щоб спеціалізована сільськогосподарська техніка або відповідне обладнання доставлялися на місце призначення своєчасно і без будь-яких пошкоджень.

Оскільки негабаритних вантажів у аграріїв не дуже багато, однак і вони діляться, у свою чергу, на декілька видів:

1. Важковаговий вантаж – це вантаж, який, будучи розміщений на транспортному засобі, викликає перевищення хоча б одного із параметрів за дозволеною максимальною масою рухомого складу або осьовим навантаженням, визначених у нормативних документах.
2. Великогабаритний вантаж – це вантаж, який, будучи розміщений на транспортному засобі, викликає перевищення хоча б одного із параметрів по граничним габаритним розмірам рухомого складу, визначених у нормативних документах.
3. Довгомірний вантаж – це вантаж, який, будучи розміщений на транспортному засобі, виступає за задній борт більше ніж на 2 метри.

Виходячи з усього перерахованого вище, негабаритними, великоваговими, великогабаритними вважаються вантажі, маса та розміри яких разом із транспортним засобом перевищують наступні параметри:

- перевищення 4-х метрів по висоті;
- 20 метрів по довжині;
- 2,55 м по ширині;
- вантаж виступає ззаду за габарити транспортного засобу більш, ніж 2 метра.[1]

Найбільш складними комплексними завданнями, які необхідно вирішувати при організації доставки негабаритних та великогабаритних вантажів є наступні.[2]

1. Збір достовірних даних про вантаж. Одна з найбільш поширених проблем – неточність вказівки замовником фактичного обсягу та вагогабаритних параметрів вантажу, відсутність габаритів місць, конкретної специфікації. У зв'язку з недоліком інформації, майже неможливо заздалегідь розрахувати індикативну вартість транспортування і почати підготовчий етап перевезення. Оскільки транспортування специфічних видів вантажу, як правило, супроводжується підготовкою документів, отриманням спеціальних дозволів на проїзд за певними маршрутами, то без конкретних характеристик вантажу є ризик не встигнути зібрати необхідний пакет документів у відповідний термін. Характеристики вантажу, зазначені в технічній документації, можуть не відповідати дійсності, особливо, якщо техніка чи обладнання вже були в експлуатації, могли бути змінені або «модернізовані». Вантаж має бути виміряний з урахуванням усіх навісів, козирків та інших деталей. Варто зазначити, що ставки на перевезення негабаритних і великогабаритних вантажів значно вищі, ніж на звичайні габари-

тні, які можна перевезти в класичній фурі. Таким чином, неможливо зробити детальний розрахунок перевезення, вибрати вид транспортного засобу, прорахувати необхідну кількість авто та спеціальної техніки, яка може знадобиться в ході транспортування.

Для фахівця з організації перевезень складність тут полягає в тому, що у більшості випадків у нього немає можливості на початковому етапі особисто проконтролювати точність всіх фактичних параметрів вантажу. І кожен вирішує цю проблему відповідно до свого досвіду та напрацьованої практики.

2. Обмежені терміни для підготовки перевізної документації та реалізацію. Оскільки на першому етапі опрацювання заявки не вистачає даних про вантаж та його особливості, досить важко не тільки розрахувати вартість надання послуг з перевезення, але також і зібрати необхідну документацію. Перевезення важковагових і негабаритних вантажів має ряд обмежень та правил організації. Йдеться про різні спеціальні дозволи, креслення обладнання (або частіше техніки), її або його кріплення на транспорті.

3. Вибір оптимального маршруту слідування. На відміну від стандартних перевезень вантажів, де контейнер слідує по стандартній схемі і без труднощів перевантажується з одного транспортного засобу на інший, у перевезенні великогабаритних та важковагових вантажів практично не буває простих завдань: кожен вантаж – унікальний, вимагає детального попереднього опрацювання схеми доставки з урахуванням його технічних показників.

У перевезенні негабаритних вантажів набагато більше організаційних складових, які потребують чіткого узгодження між собою: опрацювання маршруту з урахуванням його пропускних можливостей, перевантаження вантажу (за необхідності) з одного транспортного засобу на інший та його кріплення за індивідуально розробленою схемою, отримання дозволів на транспортування вантажу по вибраному маршруту, оптимізація вартості доставки.

Чим нестандартніший вантаж, тим менше: місць, які його можуть прийняти і перевантажити; транспортних засобів, які його можуть перевезти; доріг, якими він може проїхати; мостів, естакад та інших дорожніх конструкцій, які можуть його пропустити; тим складніше: узгодження маршруту з дорожніми автоінспекціями; організація робіт з перевантаження вантажу з одного транспортного на інший, розробка схем кріплення.

Щоб доставити вантаж цілим і неушкодженим, необхідно провести ряд робіт: промір перешкод на шляху слідування у вигляді ліній передач, мостів, різних споруд. Це краще віддати на аутсорсинг спеціалізованим компаніям. Чим довший маршрут, тим більше часу займе його дослідження, це може бути час від 1 дня до місяця.

4. Пріоритетним видом транспорту при перевезенні негабаритних і важковагових вантажів в сільському господарстві є автомобільний транспорт. Перевезення ним є універсальними і сприяють організації транспортування вантажів «від дверей до дверей». Щоб організувати перевезення великогабаритного вантажу від ініціації до реалізації, перевізнику необхідно забезпечити чіткий контроль та погодити роботу всіх учасників проекту. Для цього необхідні знання і значний досвід.

5. Підготовка документації – серйозна задача, з якою часом складно справитися навіть кваліфікованому спеціалісту.

При формуванні пакета документів, який необхідний для успішного проходження всіх етапів доставки великогабаритних вантажів, фахівцю слід бути пильними. На додачу до досвіду тут дуже корисно мати ще й хорошу ерудицію. Наприклад, при транспортуванні будь-якої складної сільськогосподарської машини слід пам'ятати, що при її експлуатації використовувалося пальне та інші технологічні рідини, які могли частково залишитися баках. Не маючи досвіду перевезення подібних вантажів дуже легко залишити без уваги такі важливі моменти.

6. Забезпечення безпеки вантажу – завдання, що вимагає детального опрацювання на кожному етапі транспортування. В процесі перевезення, вантаж може перевантажуватися з одного транспортного засобу на інший, при цьому щоразу виникають ризики, пов'язані з кріпленням вантажу, вантажно-розвантажувальними роботами. Такі операції неможливо передбачити раніше, щоб виключити пошкодження не тільки самого вантажу, та й спеціальної те-

хніки, за допомогою якої здійснюється перевезення.

Але навіть при ретельному опрацюванні маршруту з усіма нюансами завжди залишається ймовірність псування або втрати вантажу за непередбаченими обставинами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила перевезення вантажів автомобільним транспортом. Затверджені Постановою Кабінету міністрів України від 15 квітня 2011 г. №272. - [Електрон. ресурс]: довідник. – Режим доступу: <http://www.referent.ua/1/177215>
2. Дубровський В.П., Самостян В.Р. Аналіз проблемних питань перевезень великогабаритних та великовагових вантажів / Студентський науковий вісник. Серія «Технічні науки». Науковий збірник. Вип. 47 (част. 1). – Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. – 191-196 с.

УДК 629.114.44

Ярошенко П.М., к.т.н., доцент, Остапов Д.А., магістрант, СНАУ Суми, Україна

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЯКІСТЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ М'ЯСА І М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ

За оцінками Організації Об'єднаних Націй приблизно третина всіх продуктів харчування, що виробляються для споживання людством, утилізуються як непридатні до споживання. За деякими іншими даними, харчові відходи складають до 40 % від їх виробництва. Щорічні економічні збитки, пов'язані з харчовими відходами, оцінюються в 218 мільярдів доларів в США, 143 мільярди доларів в Європі і 27 мільярдів доларів в Канаді. [1]

Процеси холодильного обробітку, транспортування і зберігання харчової продукції тісно пов'язані між собою і напряму впливають на зберігання їх харчової цінності, забезпечення безпеки і запобігання псуванню. Швидкопсувні продукти харчування, включаючи м'ясо і м'ясні продукти, повинні зберігатися і перевозитися в охолодженому або замороженому стані до моменту їх реалізації.

Безперервний холодильний ланцюг і міг би як раз відповідати за збереження і доставку споживачам високоякісних продуктів харчування за допомогою підтримання необхідних температурних режимів. Підраховано, що тільки застосування в розвиваючих державах холодильних технологій і обладнання з технічним і організаційним рівнем, що відповідають розвинутих державам, дозволило б щорічно зберегти більше ніж 200 мільйонів тон відходів швидкопсувних харчових продуктів, що складає близько 14 % їх споживання.

Принципова схема обороту м'ясної сировини і м'ясної продукції включає наступні позиції:

- транспортування забійних тварин із тваринницьких господарств на первинну переробку;
- обробіток і зберігання м'ясної сировини в місцях її первинної переробки;
- доставку, зберігання і переробку сировини на м'ясопереробних підприємствах;
- перевезення і зберігання м'ясної продукції в розподільних центрах – холодильниках;
- транспортуванні і реалізацію споживачам готової м'ясної продукції або м'ясної сировини через торгову мережу;
- доставку і зберігання м'яса, м'ясних і м'ясовмісних продуктів харчування в домашніх умовах.

Після первинного переробітку розпочинається рух м'ясної сировини по етапах безперервного холодильного ланцюга, який являє собою сукупність холодильних процесів обробітку харчових продуктів і технічних засобів, що забезпечують підготовку і доставку споживачу швидкопсувної харчової сировини і продуктів харчування на її основі з максимальним збереженням їх вихідної якості. Харчові продукти на шляху руху від виробництва до споживання проходять декілька технологічних етапів, які включають холодильний обробіток (процеси охолодження, підморожування, заморожування); підготовку сировини, виробництво продукту, його зберігання, транспортування, розподілення, реалізацію і споживання.

Однак ефективність безперервного холодильного ланцюга буває не завжди ідеальною, оскільки часто бувають коливання температури вище або нижче встановленого температурного діапазону, визначеного для конкретного виду продукту, що ставить під загрозу його безпеку і значно збільшує кількість харчових відходів. При цьому тільки порушення температурних режимів, пов'язаних з «температурними стрибками і розривами» як на окремих етапах безперервного холодильного ланцюга, так і між ними, в значній мірі дають негативний вплив на якість і втрати харчових продуктів.

Як показують результати ряду досліджень, доволі складно кількісно визначити середні втрати від псування продукції в кожній конкретній ланці безперервного холодильного ланцюга. Крім того, необхідно також враховувати і можливі проблеми скорочення терміну зберігання (період, на протязі якого харчовий продукт при дотриманні встановлених умов зберігання зберігає властивості, вказані в нормативному документі) і терміну придатності (проміжок часу, на протязі якого продукти залишаються безпечними для споживання). При цьому признаки прояву таких проблем доволі часто проявляються тільки на наступному етапі безперервного холодильного ланцюга.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013 FAO statistical yearbooks: world food and agriculture. Rome, Italy: FAO, Electronic resource. – Access mode: <http://www.fao.org/economic/ess/ess-publications/ess-yearbook/en/>.

УДК 656.13

Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., Черняков М. С., магістр; СНАУ, Суми, Україна

РАЦІОНАЛЬНИЙ СПОСІБ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ МАЛОТОННАЖНИМИ АВТОМОБІЛЯМИ

Ключові слова: малотоннажні перевезення, міська логістика, раціоналізація, системи планування маршрутів, задача комівояжера (VRP), телематика, зворотна логістика.

Малотоннажні автомобілі (до 5 тонн) є основою сучасної міської та міжрегіональної логістики, забезпечуючи оперативну доставку невеликих партій товарів. Раціоналізація їх використання — це комплексний підхід, який поєднує стратегічне планування, технології та ефективне управління ресурсами для досягнення максимальної економічної вигоди та швидкості.

1. Вибір транспорту: Більше, ніж просто вантажопідйомність

Раціональний вибір малотоннажного автомобіля залежить не лише від ваги вантажу, а й від його характеру, об'єму та умов зберігання.

Таблиця 1 – Раціональний вибір малотоннажного автомобіля

Тип вантажу	Рекомендований транспорт	Раціональне обґрунтування
Збірні/палетовані вантажі	Бортові ав-то/тентовані фурго-ни (на 1.5 - 3 тонни)	Універсальність, легкість завантажен-ня/розвантаження (бокове, верхнє).
Продукти харчуван-ня/медикаменти	Рефрижератори або ізотермічні фургони	Забезпечення необхідного температурного режиму, збереження якості.
Об'ємні, але легкі вантажі	Автомобілі з подо-вженою базою (до 20-30 м³)	Максимальне використання об'єму кузова без перевищення малої вантажопідйомнос-ті (наприклад, для меблів, утеплювачів).
Експрес-доставка/кур'єрські послуги	Мікроавтобуси (фу-ргони)	Висока маневреність, швидкість, можли-вість паркування в міському центрі.

Раціональність полягає у виборі мінімально необхідного, але достатнього транспорту, щоб уникнути переоплат за надлишкову вантажопідйомність або простоювання занадто великих машин у заторах.

Сучасні технологічні інструменти є основою для перетворення перевезення на раціональний процес:

- Системи планування маршрутів (Route Planning Software): На відміну від звичайних GPS-навігаторів, ці системи вирішують складну "Задачу комівояжера" (Vehicle Routing Problem, VRP). Вони не просто прокладають маршрут між точками А і В, а будують оптимальну послідовність доставки для 10-50+ точок, враховуючи:
- "Вікна доставки" (time windows) - час, коли клієнт готовий прийняти вантаж.
- Обмеження на вантажопідйомність та об'єм кожного автомобіля.
- Час, необхідний на завантаження/розвантаження в кожній точці.

Телематика та GPS-моніторинг: Дозволяють контролювати не лише місцезнаходження, але й манеру водіння (eco-driving), що безпосередньо впливає на витрату палива та зношування шин (додаткова економія до 10-15%).

Мобільні додатки для водіїв/кур'єрів: Забезпечують обмін інформацією в режимі реального часу, електронне підтвердження доставки (Proof of Delivery, e-POD) і швидку комунікацію з диспетчером у разі непередбачених ситуацій.

Доставка "останньої милі" (від сортувального центру до кінцевого споживача) є найдорожчою та найскладнішою частиною логістичного ланцюга. Раціоналізація тут потребує спеціальних підходів:

1. Консолідація та "Хаби перехоплення" (Cross-Docking): Використання невеликих міських складів або точок перевантаження. Великогабаритний транспорт доставляє великі партії в цей хаб, а малотоннажні авто максимально швидко розвозять вантаж по району, мінімізуючи пробіг.
2. Зворотна логістика (Return Logistics): Планування маршрутів малотоннажних автомобілів з урахуванням забору повернень або порожньої тари від клієнтів. Це дозволяє використовувати частину зворотного пробігу, який зазвичай є "порожнім".
3. Спільна доставка (Collaborative Delivery): Співпраця з іншими логістичними операторами або підприємствами для спільного використання малотоннажних транспортних засобів на певних маршрутах, що збільшує коефіцієнт завантаження.

Раціоналізація перевезень малотоннажними автомобілями – це безперервний процес аналізу, планування та автоматизації, який дозволяє компаніям не лише знизити операційні витрати, а й забезпечити високу якість послуг у найбільш динамічному сегменті ринку – міській та регіональній доставці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Варфоломєєва В. О. Організація та планування автомобільних перевезень: Навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2011.
2. Трофименко А. Т. Економіка та організація перевезень автомобільним транспортом. – Київ: Видавництво НАУ, 2015.

УДК 656.13:656.073

Корж Д.С., магістрант, Таценко О.В. ст. викладач, СНАУ, Суми, Україна

ОСОБЛИВОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ РИБОПРОДУКТІВ ТА ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ

Вступ. Сучасний розвиток ринку харчових продуктів вимагає удосконалення логістичних систем доставки швидкопсувних вантажів, серед яких особливе місце займають рибопродукти. Ця категорія товарів характеризується високою біологічною цінністю та водночас швидкою втратою споживчих властивостей за порушення умов транспортування. Забезпе-

чення якості та безпечності такої продукції можливе лише за умови дотримання вимог дотримання температурного режиму, що охоплює весь шлях руху від виробника до кінцевого споживача [1].

Метою проведеної роботи є аналіз сучасного стану автотранспортних перевезень рибопродуктів та інших швидкопсувних вантажів з визначенням ключових проблем і формуванням пропозицій щодо їх удосконалення.

Особливості перевезень рибопродуктів. Рибопродукти належать до вантажів із підвищеними вимогами до температурного режиму. Залежно від способу обробки та зберігання вони транспортуються:

- свіжі та охолоджені – при температурі від 0 до +2 °С;
- заморожені – при температурі не вище -18 °С;
- солоні та копчені – при температурі від 0 до +5 °С.

Для перевезення використовується спеціалізований рухомий склад автотранспортних засобів. Типовими представниками спеціалізованого рухомого складу являються ізотермічні фургони, рефрижератори, контейнери з холодильними установками. При використанні їх висуваються суворі санітарні вимоги до обладнання даних автотранспортних засобів, у тому числі щодо очищення та дезінфекції.

Загальні вимоги до перевезень швидкопсувних вантажів. Перевезення рибопродуктів та швидкопсувних вантажів регламентується міжнародними нормами, зокрема Угодою АТР (Agreement on the International Carriage of Perishable Foodstuffs). Основними вимогами є такі, як підтримання стабільного температурного режиму на всіх етапах доставки; мінімізація часу на транспортування; використання систем контролю та реєстрації параметрів середовища в якому перевозиться продукція та оптимізація маршрутів перевезень з урахуванням дорожньої інфраструктури та транспортних процедур.

Логістичні аспекти процесів перевезення. Ефективність доставки рибопродуктів та швидкопсувних вантажів визначається узгодженою роботою учасників логістичного ланцюга. Основними завданнями при транспортуванні даних типів вантажів є формування національної інфраструктури «холодового ланцюга»; застосування інформаційних систем управління перевезеннями (TMS, WMS); інтеграція автотранспорту у мультимодальні схеми (авто + залізниця + морський транспорт) та забезпечення простежуваності вантажу в режимі реального часу [2].

Проблеми та виклики. Аналіз ринку автоперевезь України даних видів продукції свідчить про низку проблем серед, яких можна виділити наступне, як технічну застарілість значної частини автопарку; високу енергоємність холодильних установок; недостатній рівень цифровізації процесів транспортування та зростання вимог екологічної безпеки відповідно до європейських стандартів.

Напрями удосконалення. Серед ключових напрямів по підвищенню ефективності автоперевезень рибопродуктів та швидкопсувних вантажів можна виділити такі, як впровадження енергоощадних холодильних систем із використанням альтернативних джерел живлення; застосування сучасних GPS-моніторингових платформ та сенсорів для контролю стану вантажу; використання нових пакувальних матеріалів, що подовжують термін збереження продуктів та розробку оптимальних маршрутів із застосуванням логістичних моделей перевезення продукції [3].

Висновки. Автоперевезення рибопродуктів та швидкопсувних вантажів являється складним технологічним процесом, який вимагає дотримання суворих стандартів та вимог із застосуванням спеціалізованого автотранспорту і обладнання. Розвиток інфраструктури холодового ланцюга та цифровізація транспортно-логістичних процесів перевезень являються визначальними факторами підвищення конкурентоспроможності українських перевізників. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку інноваційних технологій, що забезпечать енергоефективність та екологічну безпеку автоперевезень даного виду продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bloemhof-Ruwaard J., Akkerman R., van der Vorst J. G. A. J. Reefer logistics and cold chain transport: a systematic review and multi-actor system analysis // *Research in Transportation Business & Management*. — 2019. — Vol. 31. — P. 100–115.
2. Shi H., Zhang Q., Liu Y. Cold chain logistics and joint distribution: A review of fresh food logistics modes // *Systems*. — 2024. — Vol. 12, No. 7. — P. 264.
3. Загорянський В. Г., Загорянська О. Л. Особливості проектування транспортно-складських комплексів для швидкопсувних вантажів. Інноваційна модернізація економіки України в умовах євроінтеграційних процесів: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Кременчук, КрНУ, 27-27.11.2023 р.). С. 671–674.

Головченко Б.М., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ СЕКТОРУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Вантажні перевезення відіграють вирішальну роль у переміщенні товарів. Автомобільні вантажні перевезення, порівняно з іншими видами транспорту, – є найбільш гнучким та адаптивним видом вантажних перевезень. Добре функціонуюча галузь автомобільних перевезень позитивно впливає на розвиток інших видів транспорту. З цієї причини практично всі ланцюги поставок покладаються на автомобільні перевезення на певному етапі – і зазвичай на багатьох або більшості етапів.

Однак твердження про те, що послуги вантажних перевезень стосуються лише вантажівок, водіння вантажівок та водіїв вантажівок, або ж фрагментації та неформальності, є не лише неповним, а й помилковим. Щоб оцінити, чи забезпечують послуги вантажних перевезень у країні ефективну роботу, важливо розпізнати складові та перспективи, які роблять їх можливими. По-перше, функціональність послуг вантажних перевезень залежить від ефективності операцій, не пов'язаних з активами, яка відповідає користувачам, постачальникам, маршrutaм, типу товарів та ринкам. Загальна вантажопідйомність галузі поєднує в собі орендовані активи, а також приватні автопарки з угодами про повне й часткове використання та оренду. Один і той самий агент може іноді бути користувачем, а іноді – постачальником. Іншими словами, ми маємо справу з дуже складною системою державних та приватних, формальних та неформальних зацікавлених сторін з різними інтересами, поведінкою та точками зору.

Крім того, будь-яка оцінка ефективності сектору вантажних перевезень повинна враховувати інтереси та цілі кожного типу учасників та їхні відповідні перспективи ефективності. Таким чином, сектор вантажних перевезень, який працює добре, – це той, у якому три різні зацікавлені сторони – комерційні постачальники послуг вантажних перевезень, вантажовідправники та урядові організації – взаємно забезпечують досягнення їхніх відповідних цілей.

Високі показники ефективності з точки зору кожного типу учасників можуть бути структуровані та узагальнені в структурні блоки, які зводяться до ключових показників, визначених як критичні на основі оцінки ефективності крізь призму кожного учасника. Цю просту, але комплексну структуру можна згодом використовувати для оцінки та порівняльного аналізу ефективності сектора вантажних перевезень у різних сферах та за різними показниками ефективності. Для цього можна виділити три ключові критерії або «тести» для визначення пріоритетів показників:

1. Актуальність для політики. Показники повинні бути підняті до рівня спостереження та інтересу державної політики, а також бути значущими в рамках юрисдикційних та операційних меж державних установ. Як правило проводиться відстежування невеликої кількості показників, які слугують життєво важливими показниками сектору вантажних перевезень.

2. Доцільність. Розробка та впровадження показників ефективності сектору вантажних перевезень повинні бути доцільними для впровадження та відтворюваними урядами країн з високим, середнім та низьким рівнем доходу. Найважливішим критерієм доцільності є наяв-

ність та достовірність даних або відповідних показників для формування цих показників. Звичайно, «другорядні» підходи, такі як опитування на дорогах, можна передбачити в країнах, де бракує достатніх даних для посилення доцільності впровадження, але показники та другорядні підходи, тим не менш, повинні бути достатньо практичними для розробки та надання обґрунтованих оцінок.

3. Порівнянність. Показники, про які йде мова, повинні бути достатньо порівнянними в різних юрисдикціях. Це залежить від багатьох факторів, включаючи порівнянність базових даних, що використовуються для розробки показників, достатньо порівнянних методологій та припущень, що використовуються для збору цих даних та розробки показників, а також відповідної основи для нормалізації впливу різних контекстів (наприклад, впливу географії) на ефективність сектору вантажних перевезень.

Яковенко Р.О., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна

ЕРГОНОМІКА РОБОЧИХ МІСЦЬ ВОДІЇВ

Ергономіка належить до таких наукових дисциплін, як: антропологія (займається вимірюванням людського тіла для створення відповідних робочих місць), фізіологія праці (відповідає за явища, що відбуваються під час роботи, щоб запобігти втомі або нудьзі), гігієна праці (запобігає виникненню факторів, що спричиняють інфекції або захворювання), психологія праці включає три аспекти: адаптацію людини до роботи, роботи до людини та людини до людини).

Роботодавець повинен забезпечити працівників робочими місцями, де вони почуваються безпечно і ніщо не може загрожувати їхньому здоров'ю чи життю. Умови праці повинні постійно покращуватися, щоб зробити їх оптимальними з точки зору безпеки та комфорту. Роботодавці повинні мінімізувати психічні навантаження та будь-які інші незручності, що негативно впливають на здоров'я та життя працівника.

Робота водія пов'язана з багатьма аспектами, які негативно впливають на здоров'я людини та безпосередньо впливають на якість транспортних процесів. Водій щодня повинен стикатися з внутрішніми та зовнішніми факторами, які безпосередньо впливають на його поведінку в дорожньому русі.

Беручи до уваги вищезазначені факти, слід наголосити, що ергономіка робочого місця водія є одним з важливих факторів, який впливає на якість роботи операторів транспортних засобів.

Водій транспортного засобу повинен мати відповідний простір та положення, щоб його постава була фізіологічно комфортною, не викликала надмірної втоми та нездужання, була свобода рухів для керування кермом, важелями керування та педалями, які повинні бути доступними та розміщеними таким чином, щоб зусилля водія були мінімальними та забезпечувалася належна видимість.

Комфортні характеристики транспортних засобів стосуються:

- ергономічне правильне розташування елементів керування, сидінь водія та пасажирів, удари та рушійні сили різних елементів керування, зручний вхід та вихід з автомобілів (відповідно до галузевих норм та рекомендацій);
- вібрації автомобіля в цілому;
- вібрації різних вузлів та деталей автомобіля, внутрішній шум, що створюється автомобілем, температура, вологість та швидкість повітря в зайнятому просторі водія та пасажирів.

Поїздки на далекі відстані можуть спричинити біль у попереку. Це визначається станом в одному положенні за кермом протягом тривалого часу та вібраціями, що виникають під час руху транспортного засобу.

Щоб безпечно керувати автомобілем, ми повинні враховувати розміри місця водія (таблиця 1).

Таблиця 1. Розміри та форми сидінь водія та пасажирів.

№ п/п	Розмірні характеристики	Значення
1	Похила сторона підлоги для підтримки стопи	повинна перевищувати 306 мм
2	Відстань від верхнього краю подушки сидіння до підлоги	не повинна перевищувати 380-407 мм
3	Розташування сидіння	горизонтально
4	Горизонтальне зміщення сидіння	максимальне зміщення повинно перевищувати 100 мм
5	Вертикальний рух сидіння	максимальне зміщення повинно перевищувати 80 мм
6	Діаметр керма	для важких транспортних засобів – 430-600 мм, для спортивних та гоночних автомобілів – 280-350 мм, для інших типів автомобілів – 350-420 мм
7	Кут нахилу керованої осі до горизонту	має бути в межах 500-800 мм
8	Бічне зміщення керма (за необхідності)	не менше 80 мм.
9	Оптимальна відстань до педалей	бути таким, щоб максимальний рекомендований хід педалі не торкався підлоги кабіни

Водійське сидіння виконує функцію не лише в забезпеченні сидіння водія, але й у підтримці, захисті та забезпеченні комфортного положення сидіння для пасажирів. Сьогодні конструкція водійського сидіння має особливе значення, оскільки погано спроектоване сидіння серйозно впливає на здоров'я людини та психологічний стан водія, а отже, збільшує ймовірність аварій.

УДК 656.13:656.073

Корж Д.С., магістрант, Таценко О.В. ст. викладач, СНАУ, Суми, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РИБОПРОДУКТІВ ТА ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Вступ. Транспортування рибопродуктів та інших швидкопсувних вантажів є однією з найбільш відповідальних сфер транспортних технологій та автотранспортної логістики. Високі вимоги до температурного режиму, санітарних норм і швидкості доставки зумовлюють необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності використання автотранспортних засобів. Метою роботи є дослідження організації перевезень рибопродуктів та швидкопсувних вантажів у сфері діяльності ФОП «Кульомза Р.М.» з визначенням напрямів підвищення ефективності використання автотранспорту в технологіях перевезення продукції.

Характеристика підприємства. ФОП «Кульомза Р.М.» спеціалізується на закупівлі, обробці та реалізації рибопродуктів та здійсненню їх доставки до торговельних закладів і кінцевих споживачів. Основу автотранспортного парку виробничого підприємства складають рефрижераторні автомобілі вантажопідйомністю від 3,5 до 10,0 тонн, що дозволяє здійснювати швидкі й гнучкі перевезення різних партій продукції до споживачів. Використання автотранспортних засобів в технологіях перевезення продукції виробниче підприємство регламентує відповідно до нормативної та законодавчої бази України [1, 2].

Проблеми у використанні автотранспортних засобів. Проведений аналіз показав такі основні проблеми, як нерівномірність завантаження автомобілів, особливо у міжсезонний період; підвищені витрати пального та електроенергії на роботу холодильних установок; за-

лежність від дорожньої інфраструктури у регіонах доставки; обмеженість кількості автотранспортних засобів, що ускладнює одночасне виконання великої кількості замовлень та недостатня цифровізація процесів планування маршрутів і контролю перевезень.

Напрями підвищення ефективності перевезень. Основними напрямками підвищення ефективності перевезень на підприємстві являються оптимізація маршрутів доставки, використання програмного забезпечення для логістичного планування, впровадження GPS-моніторингу, раціоналізація завантаження транспортних засобів, модернізація холодильного обладнання та розширення автотранспортного парку.

Враховуючи вище перелічене можна сказати, що ефективність перевезень продукції підприємства залежить від вдосконалення даних складових. Використання програмного забезпечення для логістичного планування (TMS) дає змогу скоротити пробіг «порожнім ходом» і зменшити витрати пального. Впровадження GPS-моніторингу забезпечує контроль швидкості руху, дотримання графіків доставки та температурного режиму в кузові автомобіля. Використання комбінованих перевезень (об'єднання замовлень від кількох клієнтів) підвищує коефіцієнт використання вантажопідйомності. Перехід на енергоощадні холодильні установки дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на 8...13%. Придбання додаткових автотранспортних засобів з різними температурними режимами дає змогу гнучко реагувати на попит в продукції та розширювати географію доставки.

Практичні результати для ФОП «Кульомза Р.М.». Аналіз та дослідження різних сценаріїв перевезень показує, що впровадження системи GPS-моніторингу може знизити витрати на пальне до 10%; оптимізація маршрутів зменшує час доставки на 12...18%; підвищення коефіцієнта використання вантажопідйомності на 0,15...0,2 дозволяє здійснити на 8...10% більше перевезень без залучення додаткового автотранспорту.

Висновки. Досвід діяльності ФОП «Кульомза Р.М.» свідчить, що підвищення ефективності перевезень рибопродуктів та швидкопсувних вантажів можливе завдяки впровадженню сучасних логістичних технологій і модернізації автотранспортних засобів. Оптимізація маршрутів, застосування цифрових інструментів контролю та поступова модернізація холодильного обладнання дозволять знизити експлуатаційні витрати, підвищити якість обслуговування клієнтів та зміцнити конкурентні позиції виробничого підприємства на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про автомобільний транспорт: Закон України від 05.04.2001 № 2344-III // Відомості Верховної Ради України. - 2001. - № 22. - Ст. 105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>
2. Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні: Наказ Міністерства транспорту України від 14.10.1997 № 363. — Київ : Мінтранс України, 1997. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0128-98>

УДК 656.07:631.3

Задоя А.В., магістрант, Москаленко Ю.Є, магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ПРОЦЕС ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Перевезення сільськогосподарської техніки (тракторів, комбайнів, сівалок, плугів, обприскувачів тощо) — це складний технологічний процес, який вимагає правильного підбору транспорту, дотримання правил безпеки, фіксації вантажу та узгодження маршрутів.

Мета етапу – забезпечити безпечне та ефективне транспортування техніки з місця зберігання або виробництва до господарства чи місця використання.

Основні дії:

- Оцінка габаритів і маси техніки. Визначається довжина, ширина, висота, маса та конструктивні виступи (шини, жатка, кабіна).
- Вибір типу транспорту.

Для великогабаритної техніки використовують низькорамні трали (платформи). Для невеликих агрегатів – автовози, платформи, причеви, евакуатори.

- Перевірка технічного стану транспортного засобу: тиск у шинах, справність гальм, лебідок, освітлення, фіксаторів.
- Підготовка вантажу: зливання палива, фіксація рухомих частин, демонтаж широких елементів (наприклад, жатки або крил).
- Оформлення документів: дозвіл на перевезення негабаритного вантажу (якщо потрібно), товарно-транспортна накладна, страхування.

Основне завдання – розмістити техніку на платформі так, щоб уникнути перекосів, зміщення та пошкоджень.

Методи завантаження:

- За допомогою апарелей (заїзних трапів). Трактори або комбайни самостійно заїжджають на платформу по трапах. Використовується контрольний працівник для направлення машини.
- За допомогою лебідки або гідравлічного підйомника. Якщо техніка несправна або не має власного ходу, її зтягують за допомогою лебідки або піднімають гідравлічним краном.

Застосування навантажувачів або маніпуляторів.

Для навісного обладнання (плуги, сівалки, борони) використовуються фронтальні навантажувачі або кран-маніпулятори.

Після розміщення техніки:

- колеса фіксуються упорами або блоками;
- корпус закріплюється ланцюгами, ремнями або стяжками;
- перевіряється балансування вантажу на платформі.

Водій зобов'язаний:

- дотримуватися обмеження швидкості (зазвичай до 60 км/год для тралів);
- уникати різких гальмувань і поворотів;
- контролювати кріплення на зупинках;
- дотримуватись маршруту, узгодженого з дорожніми службами (для негабариту).

Якщо перевезення негабаритне:

- супровід здійснює машина прикриття (автомобіль із проблісковими маячками);
- на вантаж наносять попереджувальні знаки «Негабаритний вантаж», світловідбивальні елементи.

Розвантаження техніки:

- Виконується в зворотній послідовності: спочатку знімаються фіксатори, ремені, упори.
- За допомогою апарелей або лебідки техніка обережно з'їжджає з платформи.
- Проводиться візуальний огляд техніки на наявність пошкоджень.
- Складається акт прийому-передачі вантажу.

Використовуване обладнання та засоби фіксації

Обладнання	Призначення
Низькорамний трал	Для перевезення великогабаритної техніки
Апарелі (трап)	Для заїзду машин на платформу
Лебідка	Для зтягування несправної техніки
Стяжні ремені, ланцюги	Для фіксації техніки
Колісні упори	Для запобігання руху під час транспортування
Попереджувальні знаки	Для позначення негабаритного вантажу

Безпека під час перевезення

- Не допускається перевезення з піднятим навісним обладнанням.
- При русі по ухилах або поворотах слід уникати різких маневрів.
- Заборонено знаходження людей на платформі під час руху.
- Кріплення перевіряються кожні 50–100 км.

Висновок

Перевезення сільськогосподарської техніки – це відповідальний процес, що потребує те-

хнічної підготовки, спеціального транспорту та дотримання правил безпеки. Грамотна організація завантаження, фіксації та транспортування забезпечує збереження дорожньої техніки і безпечно її прибуття до місця призначення.

УДК 656.07:631.3

Москаленко Ю.Є, магістрант, Задоя А.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Автомобільний транспорт є основною ланкою транспортної системи України, яка забезпечує гнучкість і оперативність у доставці різних видів вантажів, зокрема великогабаритної сільськогосподарської техніки. З розвитком агропромислового комплексу зростає потреба у якісних, безпечних і економічно обґрунтованих перевезеннях тракторів, комбайнів, сівалок, культиваторів та іншої техніки. Такі перевезення потребують спеціалізованих транспортних засобів, відповідної підготовки маршруту, а також дотримання вимог до навантаження, розміщення та закріплення машин.

Перевезення сільськогосподарської техніки автомобільним транспортом має низку особливостей, пов'язаних з її габаритами, масою та конструктивними характеристиками. Звичайні вантажні автомобілі не можуть забезпечити транспортування великої або нестандартної техніки, тому використовуються спеціальні довгомірні транспортні засоби — автопоїзди, трали, низькорамні платформи, обладнані системами фіксації.

Такі автомобілі забезпечують можливість транспортування техніки, що перевищує встановлені норми довжини чи ширини. Їхні борти, як правило, відкидаються, що полегшує процес навантаження. Для фіксації використовуються спеціальні ланцюги, стяжні ремені, гідравлічні затискачі. Надійне кріплення забезпечує стабільність техніки під час руху, запобігає її зміщенню та пошкодженню.

Під час перевезення особливу увагу приділяють безпеці руху, адже великогабаритні вантажі можуть створювати додаткові ризики. При зміні швидкості або напрямку руху відбувається зміщення центру маси вантажу, що може впливати на стійкість транспортного засобу. Для попередження аварійних ситуацій транспорт оснащується попереджувальними знаками, проблісковими маячками, світловідбивними елементами.

Крім того, при перевезенні техніки на далекі відстані важливо враховувати стан дорожнього покриття, наявність мостів, тунелів, підйомів і спусків, які можуть обмежувати рух великогабаритного транспорту. З цієї причини маршрут руху погоджується із відповідними службами (службами автомобільних доріг або підрозділами Національної поліції).

У деяких випадках доцільно комбінувати автомобільні перевезення з іншими видами транспорту — наприклад, залізничним або морським. Проте автомобільний транспорт залишається найбільш гнучким і доступним, оскільки забезпечує доставку техніки безпосередньо до місця її експлуатації — у господарства, ремонтні бази чи на будівельні майданчики.

Перевезення сільськогосподарської техніки автомобільним транспортом — це складний процес, що вимагає високого рівня технічної підготовки, відповідального підходу до планування маршруту та дотримання правил безпеки. Використання спеціалізованих довгомірних автомобілів і сучасних засобів фіксації забезпечує надійність перевезення, збереження техніки та скорочення витрат часу й ресурсів.

Удосконалення технічного оснащення транспортних засобів, автоматизація контролю перевезень і впровадження інтелектуальних систем моніторингу руху сприятимуть підвищенню ефективності транспортних операцій у сільськогосподарській галузі.

Отже, процес перевезення великогабаритних вантажів автомобільним транспортом має важливе значення для забезпечення ефективного функціонування промисловості, сільського господарства та будівництва. Автомобільні довгоміри дають змогу доставляти техніку, обладнання та інші нестандартні вантажі безпосередньо до місця призначення, навіть у важкодо-

ступні райони, де відсутні залізничні або водні шляхи. Безпечність перевезень досягається завдяки правильному кріпленню вантажу, використанню спеціальних сигнальних засобів і дотриманню вимог дорожнього законодавства.

Раціональне використання автомобільного транспорту для транспортування великогабаритних об'єктів сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів, зниженню витрат та забезпеченню своєчасності доставки. Подальший розвиток цієї сфери пов'язаний із вдосконаленням технічних засобів, автоматизацією процесів контролю та підвищенням рівня безпеки на транспорті.

УДК 656.073

Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., Черняков М. С., магістр; СНАУ, Суми, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ УМОВ «GLOBAL TRADE S»

Ключові слова: вантажні перевезення, логістика, оптимізація, цифровізація, інтелектуальні системи, сталий розвиток.

У сучасних умовах поглиблення глобалізації та прискореного розвитку міжнародної торгівлі, ефективна організація вантажних перевезень набуває стратегічного значення. Вона є ключовим фактором, що прямо впливає на конкурентоспроможність підприємств на міжнародному ринку, їхню фінансову стійкість та здатність задовольняти зростаючі вимоги споживачів. Для компанії «Global Trade S», яка спеціалізується на міжнародних перевезеннях, першочерговим та актуальним завданням є комплексна оптимізація логістичних процесів з урахуванням сучасних вимог до швидкості, надійності, прозорості та масової цифровізації усіх ланок ланцюга поставок.

Аналіз поточних проблем та викликів. Незважаючи на успішну діяльність, в організації логістичних операцій «Global Trade S» ідентифіковано низку критичних проблем, які стримують її подальший розвиток та збільшують операційні витрати. Основними з них є:

- Нераціональне використання та управління транспортним парком: Низький коефіцієнт використання вантажопідйомності (порожні пробіги, неоптимальне завантаження) призводить до значних перевитрат пального та амортизаційних витрат.
- Відсутність єдиної та прозорої системи моніторингу вантажів у режимі реального часу: Це ускладнює оперативне реагування на форс-мажорні ситуації, знижує рівень контролю та прозорості для клієнтів.
- Недосконалість та інерційність маршрутного планування: Використання застарілих методів планування, що не враховують динамічну зміну зовнішніх факторів (затори, погодні умови, ремонтні роботи), призводить до затримок доставки.
- Низький рівень автоматизації документообігу: Значна частка паперового документообігу (накладні, дозволи, митні декларації) уповільнює процеси оформлення, підвищує ризик помилок та збільшує адміністративні витрати.

Напрями стратегічного вдосконалення логістики. Для подолання зазначених викликів та забезпечення лідерських позицій на ринку, компанії «Global Trade S» пропонується реалізувати наступні стратегічні напрями вдосконалення організації вантажних перевезень, зосереджуючись на технологічних інноваціях та партнерстві:

1. Впровадження інтелектуальної транспортно-інформаційної системи (ІТІС): Ця система має стати центральною платформою для автоматизованого планування оптимальних мультимодальних маршрутів (з урахуванням часу, вартості та завантаженості), а також для безперервного GPS/IoT-контролю місцезнаходження вантажів та стану автопарку. Це дозволить мінімізувати простой та підвищити точність прогнозування часу доставки (ETA).
2. Використання аналітики великих даних (Big Data) та машинного навчання (ML): Застосування цих інструментів дозволить здійснювати глибоке прогнозування транспортних потоків, оцінювати ризики на різних ділянках маршруту, виявляти сезонні закономірності

попиту та оптимізувати формування консолідованих вантажів.

3. Повний перехід на електронний документообіг (ЕДО) та інтеграція з митними системами: цифровізація всіх логістичних документів (e-CMR, електронні декларації) не лише прискорить митні процедури та знизить адміністративне навантаження, але й забезпечить високий рівень безпеки та достовірності інформації.
4. Модернізація та «озеленення» автопарку: Послідовна заміна транспортних засобів на моделі, які відповідають високим екологічним стандартам (наприклад, Євро-6), не лише знизить негативний вплив на довкілля, але й відкриє доступ до зон з обмеженим екологічним доступом у європейських містах та покращить імідж компанії.
5. Формування стратегічних партнерських відносин та колаборація: Розширення мережі надійних логістичних операторів, митних брокерів та складських терміналів на умовах взаємовигідної інтеграції систем дозволить розширити географію послуг, скоротити транзитний час та підвищити гнучкість у пікові періоди.

Очікувані результати. Реалізація запропонованого комплексу заходів матиме мультипликативний ефект на діяльність «Global Trade S». Зокрема, очікується, що впровадження ІТІС та оптимізованого маршрутного планування дозволить скоротити прямі витрати на логістику (паливо, амортизація, персонал) на відчутні 10–15%. Крім того, значно підвищиться рівень клієнтського сервісу завдяки прозорості та точності доставки. Це забезпечить компанії сталий розвиток, посилення конкурентних переваг на ринку міжнародних перевезень та готовність до викликів цифрової економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крикавський Є.В. Логістика: теорія та практика. – Львів: Львівська політехніка, 2021. – 412 с.
2. Ballou R.H. Business Logistics/Supply Chain Management. – Pearson Education, 2020. – 672 р.
3. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. – London: FT Press, 2016. – 264 p.

Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ТА АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ ВАНТАЖОВІДПРАВНИКІВ

Для вантажовідправників ефективність сектора вантажних перевезень є визначальним елементом ефективності їхніх ланцюгів поставок. У більшості випадків вантажні перевезення та логістика, як правило, не є основним бізнесом вантажовідправників, а лише одним із вхідних факторів в операції вантажовідправників, які також можуть включати постачання сировини, дослідження та розробки, виробництво, дистрибуцію та роздрібну торгівлю, серед багатьох інших функцій. Тим не менш, вантажні перевезення та логістика можуть суттєво впливати на ефективність вантажовідправників – прямо чи опосередковано.

Можна виділити чотири основні виміри ефективності вантажних перевезень з точки зору вантажовідправників: вартість, час перевезення, рівень обслуговування та надійність. Хоча хороші показники за всіма цими вимірами ефективності є бажаними, вантажовідправники, як правило, не можуть оптимізувати їх окремо та одночасно. Вони йдуть на компроміси між цими показниками на користь тих з них, які найкраще забезпечать досягнення їхніх основних цілей. «Оптимальний» компроміс та пов'язана з ним ефективність будуть залежати від продукту та ланцюга поставок.

1. Вартість. Витрати на транспортування «від дверей до дверей» та логістичні послуги можуть бути значною складовою загальної вартості широкого спектру продукції. Це особливо стосується низькоцінних товарів великого обсягу, таких як перевезення зерна насипом або будівельних матеріалів, де транспортні витрати становлять відносно більшу частку загальної вартості продукції. Витрати на послуги вантажних перевезень можуть становити єдину вар-

тість транспортування або можуть бути складовою загальної вартості транспортування, якщо певне перевезення включає кілька видів транспорту.

2. Час доставки. Час доставки, і зокрема час доставки «від дверей до дверей» (на відміну від швидкості як такої), є важливим фактором для відправників з низки причин. По-перше, чим довше вантаж перебуває в дорозі, тим більше часу потрібно, щоб доставити його на ринок та отримати дохід від його продажу або використання як вхідного матеріалу для іншого продукту чи процесу. По-друге, чим довший час транспортування, тим більше витрат несуть відправники на зберігання запасів під час доставки, і тим більша ймовірність того, що відправники можуть зіткнутися з дефіцитом товарів протягом циклу доставки, від чого вони повинні захищатися, маючи під рукою страховий запас. За інших рівних умов, для товарів з високою вартістю, які потребують значних витрат на зберігання запасів, коротший час транспортування, як правило, має першорядне значення як фактор, що впливає на загальні логістичні витрати.

3. Рівень та тип обслуговування. Вантажовідправники, залежно від характеру свого продукту та ринків, можуть вимагати вищого або спеціалізованого рівня обслуговування вантажними перевезеннями. Прикладами є легкі та об'ємні товари (наприклад, упаковка), з контрольованою температурою, спеціалізоване оброблення (наприклад, для крихких товарів), вищі рівні безпеки та відстеження або індивідуальні графіки доставки. Спеціалізовані послуги вантажних перевезень та логістики також представляють собою форму рівня обслуговування.

4. Надійність. Фактори надійності включають точність планування, узгодженість часу доставки (відповідно до графіка) та своєчасну доставку, безпеку/захист вантажу (мінімальні пошкодження, збереження цілісності продукту, крадіжка) та інші фактори. Фактично, надійність полягає у зменшенні ризиків для ланцюгів поставок. Надійність, або передбачуваність, термінів доставки в ланцюгу поставок, окрім передбачуваності попиту на кінцевий продукт, є основним визначальним фактором витрат на зберігання запасів страхового запасу для вантажовідправників.

Незважаючи на те, що вантажовідправники віддаватимуть перевагу різним аспектам ефективності вантажних перевезень – вартості, часу доставки, рівню обслуговування та надійності – залежно від своїх унікальних ланцюгів поставок, «раціональний вантажовідправник», як правило, прагнучим мінімізувати загальні логістичні витрати, які в широкому сенсі включають усі витрати – прямі та непрямі – пов'язані з його ланцюгами поставок. Іншими словами, сплата премії за послуги вантажних перевезень може фактично знизити загальні транспортні витрати, якщо витрати на зберігання запасів та непряма економія коштів переважають збільшення вартості прямих транспортних послуг вантажними перевезеннями.

Головченко Б.М., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна

ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЕЛЕМЕНТИ ГАЛУЗІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Вантажні перевезення автомобільним транспортом залишаються сьогодні та в найближчому майбутньому домінуючим видом внутрішніх вантажних перевезень у більшості країн. Хоча відповідні дані недоступні для всіх, у 2018 році вантажівок того чи іншого типу перевезли 71% національного вантажного тоннажу в США, 77% в ЄС, 77% в Китаї, 60% в Індії, 60% в Бразилії, 78% у В'єтнамі, 74% в Туреччині, 75% в Мексиці, 81% в Колумбії та 93% в Аргентині, і це помітні приклади, що охоплюють кілька регіонів світу та включають країни з різним рівнем доходу, а також країни з різними економіко-географічними профілями. Численні фактори пояснюють це загальне домінування. Найбільш помітною є притаманна вантажним перевезенням гнучкість та відносна простота маршруту порівняно з вантажними залізничними або водними шляхами, особливо для перевезень на короткі та середні відстані – незалежно від того, чи це означає доступ до сировини у глибинних районах, сприяння світовій торгівлі через інтермодальні перевезення в портах, чи доставку товарів до магазинів,

продуктів харчування до супермаркетів чи життєво важливих ліків до лікарень.

З системної точки зору, вантажні перевезення відіграють вирішальну роль поряд із залізничним, повітряним, морським та трубопровідним транспортом у сприянні переміщенню товарів по всьому ланцюжку поставок. Добре функціонуюча галузь вантажних перевезень є важливою для створення надійних та стійких ланцюгів поставок, забезпечуючи або зв'язок між товарами та ринками «від дверей до дверей», або забезпечуючи доступ до «останньої милі» до залізничних інтермодальних станцій, морських портів, аеропортів та паливних терміналів. З цієї причини практично всі ланцюги поставок покладаються на вантажні автомобілі на певному етапі – і зазвичай на багатьох або більшості етапів, від транспортування сировини до доставки готових промислових та споживчих товарів.

Гнучкість вантажних перевезень охоплює кілька вимірів, включаючи маршрутизацію, терміни, доступ (географічне проникнення) та продукти, які можна транспортувати. Врахування цих атрибутів гнучкості є критично важливим при оцінці вибору виду транспорту. Вони роблять вантажні перевезення, як вид транспорту, особливо пристосованими до операційної складності сучасних ланцюгів поставок, які часто є багатонаціональними, мультимодальними, обмеженими в часі та/або мережевими, а не лінійними. Наприклад, навіть у ситуаціях, коли залізничні вантажні перевезення між пунктом відправлення та пунктом призначення є прямими та, здається, менш фінансово витратними для вантажовідправника, ніж вантажні перевезення з точки зору власних транспортних витрат, адитивний вплив таких проблем, як негнучкість графіка, інтермодальні перевезення та обмежена стійкість до затримок на лінійних рейсах, може призвести до вищих логістичних витрат порівняно з вантажними перевезеннями, де останні включають витрати на зберігання запасів на додаток до самих транспортних витрат.

Вантажоперевезення складається з трьох основних типів учасників: а) постачальників послуг вантажоперевезень, яких також називають операторами або «перевізниками» (сторона пропозиції); б) вантажовідправників, яких також називають бенефіціарними власниками вантажу (сторона попиту); в) державного сектору (сторона сприяння).

Постачальники послуг вантажоперевезень або перевозять товари від місця відправлення до місця призначення, або надають посередницьку чи допоміжну послугу для перевезення товарів. Вантажовідправники створюють попит на транспортні послуги, який є унікальним для їхніх обставин, зокрема, щодо розміру обсягу, економічної кількості замовлення, типу(ів) товару, експлуатаційних вимог, положення на етапі ланцюга поставок та профілю відправлення-призначення. Державний сектор складається з різних учасників суспільних інтересів, включаючи місцеві, регіональні та національні органи, а також наднаціональні органи. Вони створюють умови та сприятливі вимоги, а також застосовують запобіжні заходи, якщо це необхідно, для надання послуг вантажоперевезень в економіці. Вони в принципі зацікавлені в тому, щоб попит і пропозиція досягли рівноваги без шкоди для інших суспільних пріоритетів, включаючи пріоритети соціальної та екологічної політики.

Яковенко Р.О., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна

ЩОДО ЗНАЧЕННЯ ЕРГОНОМІКИ В ПИТАННЯХ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ергономіка транспортних засобів, поряд з безпекою, доступністю, ефективністю або екологічністю, має дуже велике значення для аналізу функціонування транспортних засобів. Оцінка роботи розглянутих транспортних систем залежить від поведінки їх операторів, функціонування транспортних засобів та факторів навколишнього середовища. Беручи це до уваги, слід зазначити, що питання ергономіки транспортних систем, з одного боку, тісно пов'язане з транспортними засобами, а з іншого боку, воно безпосередньо впливає на дії людей та покращує можливості адаптації до навколишнього середовища з урахуванням зовнішніх факторів.

Ергономіка робочого місця оператора машин стала важливим дослідницьким питанням, коли після Другої світової війни конструктори почали створювати нові машини, які часто зазнавали пошкоджень, оскільки людський фактор не враховувався на етапі проектування. Водночас психологічні аспекти людської поведінки все більше цінувалися та досліджувалися, щоб допомогти конструкторам адаптувати машину до потреб оператора.

Процес проектування ергономічного робочого місця здійснюється на двох рівнях. По-перше, він зосереджується на робочому місці оператора; по-друге, він повинен враховувати вимоги до простору кабіни. Критерії враховують такі фактори, як: розміри тіла людини, форма тіла, сила м'язів, рухи тіла, а також специфіку поведінки оператора та роботу, яку він повинен виконувати.

Проектування робочого місця повинно враховувати завдання, які повинні виконувати людина та машина. Його необхідно оптимізувати відповідно до психічних та розумових здібностей оператора.

Головна роль ергономіки полягає у підвищенні ефективності роботи, забезпеченні безпеки та зведенні до мінімуму шкідливих факторів, що впливають на якість роботи оператора, забезпеченні надійності технічних рішень, безпеки та комфорту для людей.

Ергономіка зосереджена на усуненні негативних емоцій, включаючи: відстороненість, втому, монотонність, нудьгу або фактори, що порушують робочий процес.

Ергономіка – це наука, яка повинна поєднувати потреби та психофізичні можливості людини з режимом роботи машин. Вона має на меті висвітлити потреби людини таким чином, що конструкція транспортних засобів має бути адаптована до потреб та фізичного стану водія та пасажера.

Ергономіка спрямована на адаптацію інструментів, машин та пристроїв, а також інших об'єктів до фізичних та психічних можливостей людини. Вона зосереджена на людині, а не на результатах її роботи.

Правила ергономіки покликані забезпечити кожному працівнику відповідні умови праці з одночасним усуненням шкідливих та небезпечних факторів, але без негативного впливу на продуктивність праці. Згідно з цими правилами, робота повинна виконуватися ефективно та з найнижчими можливими біологічними витратами. Також робоче місце має бути адаптоване до потреб людини та відповідати існуючим умовам.

Водночас ергономіка зосереджена на покращенні знань суспільства про впровадження правил та рішень у повсякденну роботу та дії, пов'язані з процесом праці.

Застосування ергономіки можна розділити на:

- корекційну ергономіку, яка застосовується до робочих місць, що більше не використовуються, визначає, чи є якісь аномалії на робочому місці, та забезпечує їх якомога швидше усунення;
- концептуальну ергономіку, яка має оптимізувати залежності між людиною, машиною та середовищем ще на етапі проектування, завдяки чому можна уникнути багатьох помилок та проблем.

За спеціалізацією ергономіку можна розділити на:

- фізичну ергономіку, яка безпосередньо пов'язана з формою людського тіла,
- когнітивну ергономіку, яка охоплює психологію людини та стосунки між людьми,
- ергономіку управління та організації роботи.

Існує кілька правил ергономіки. Перше правило включає ергономіку чотирьох рівнів навантаження, що впливають на працюючу людину. До них належать: організаційні, фізичні, екологічні та психічні навантаження. Друге правило стосується ідентифікації об'єктів, які взаємодіють з людиною під час роботи, тобто середовища, машин та інструментів.

Основні припущення ергономіки передбачають використання рішень, які є найефективнішими з точки зору економіки та екології, спрямованих на підвищення ефективності, комфорту та безпеки праці.

Маренкова Т.І., ст. викладач, СНАУ

ВИКОРИСТАННЯ ВИСІВОК АМАРАНТУ У ТЕХНОЛОГІЇ СТРАВ ІЗ РИБНОЇ СІЧЕНОЇ МАСИ

Риба традиційно посідає провідне місце у харчуванні людини завдяки своїй високій поживній цінності. Вона є важливим джерелом повноцінного білка, незамінних амінокислот, жирних кислот, розчинних у жирах вітамінів, а також комплексу мінеральних речовин у пропорціях, оптимальних для засвоєння організмом. Широкого поширення набули вироби з рибного фаршу, серед яких котлети, тефтелі, биточки та інші страви, що користуються популярністю у щоденному, дієтичному та дитячому раціоні.

Риба та морепродукти мають значну популярність, як корисні харчові продукти. Однак серед верст населення України вони не є головним джерелом поживних речовин для більшості споживачів. У середньому більшість людей вживає рибні страви не частіше одного-двох разів на тиждень, а іноді й рідше. Дослідження свідчать, що річне споживання риби на одну дорослу людину складає лише близько 15 кг. Для порівняння: у країнах Європи цей показник сягає 50 кг, а у Японії — до 90 кг. Така статистика вказує на суттєву нестачу рибних продуктів у харчуванні населення.

Додаткову проблему становить зниження рівня споживання біологічно цінної сировини в останні роки. З раціону людей поступово витісняються продукти, багаті на амінокислоти, ненасичені жири, вітаміни та мікроелементи, тоді як зростає частка високовуглеводної їжі. Основним чинником цієї тенденції є економічні труднощі, що знижують купівельну спроможність населення та негативно позначаються на якості харчування.

Науковці пропонують вирішувати проблему шляхом розробки нових продуктів, здатних збалансувати харчування та розширити його асортимент. Найбільш ефективним вважається поєднання компонентів рослинного і тваринного походження, що дозволяє значно підвищити харчову й біологічну цінність страв.

Одним із перспективних інгредієнтів для збагачення рибного фаршу є амарантові висівки, які містять харчові волокна, білки, жири, вітаміни та мінерали у сприятливих для організму співвідношеннях.

Довгий час харчові волокна вважалися баластними речовинами без користі для організму, однак сучасні дослідження довели їхнє значення. Джерелами таких волокон виступають овочі та зернові культури, серед яких амарант має особливе місце. Його висівки вирізняються добре збалансованим амінокислотним складом, а білки амаранту засвоюються легше, ніж з інших подібних культур. У складі зерен міститься близько 7% жиру, основу якого формують ненасичені жирні кислоти (олеїнова, лінолева та ліноленова). Крім того, приблизно 10% ліпідної фракції становить сквален — речовина, що бере участь у регуляції жирового та стероїдного обміну і має виражені антиоксидантні властивості. Амарантові зерна також є джерелом вітамінів, мінералів та біологічно активних сполук. Завдяки цьому їх включення до складу рибних фаршів дозволяє значно підвищити харчову та біологічну цінність готових виробів.

Практичні дослідження показали, що оптимальною є часткова заміна пшеничного хліба у рибному фарші на амарантові висівки у кількості 60–80%. Такі пропорції забезпечують приємний смак, аромат та добру консистенцію страв без негативного впливу на органолептичні властивості.

На основі цих розробок створено нову страву з рибної січеної маси — «Кульки рибні», які відзначаються функціональними властивостями та підвищеною поживною цінністю. Внесення амарантових висівок дозволяє збагатити продукт білками рослинного походження, харчовими волокнами, поліненасиченими жирними кислотами, вітамінами та мінералами. Продукт зберігає традиційні органолептичні показники, має ніжну текстуру та характерний

смак.

Таким чином, включення амарантових добавок у технологію приготування рибних страв не лише покращує їх поживний склад, але й дозволяє розширити асортимент продукції на ринку. Це є актуальним в умовах економічної нестабільності та зниження доступності якісної рибної сировини. Рибні страви з додаванням амарантових висівок заслуговують на широке використання у щоденному харчуванні. Вони можуть стати ефективним інструментом у формуванні здорового раціону, а також у підвищенні якості харчування населення загалом.

УДК 621.1:664:620.9

Савченко М.Ю., к.т.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ВІД ОБЛАДНАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Сучасна харчова промисловість стикається з викликами зростання цін на енергоносії та необхідністю зниження впливу на довкілля. Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР), такі як надлишкове тепло, пара, конденсат чи відпрацьовані гази, що утворюються під час роботи технологічного обладнання, є цінним потенціалом для підвищення енергоефективності. Використання ВЕР дозволяє зменшити енергоспоживання, оптимізувати витрати та сприяти сталому розвитку, що робить цей напрям актуальним для харчових підприємств.

ВЕР на харчових підприємствах утворюються в процесі роботи різноманітного обладнання: холодильних установок, парових котлів, печей для термічної обробки чи сушильних камер. Наприклад, тепло від компресорів холодильних систем може бути спрямоване на підігрів води для миття обладнання, а конденсат від парогенераторів – для повторного використання в опалювальних системах. Рациональне використання таких ресурсів знижує залежність від зовнішніх енергоносіїв і зменшує викиди парникових газів. На підприємствах із переробки м'яса, риби чи молочних продуктів, де енерговитрати становлять значну частку собівартості, ВЕР можуть забезпечити економію до 20-30% [1].

Ефективне використання ВЕР вимагає впровадження сучасних технологій, таких як теплообмінники, рекуператори тепла та системи когенерації, які дозволяють перетворювати надлишкову енергію в корисну. Наприклад, у хлібопекарській промисловості тепло від печей може спрямовуватися на обігрів виробничих приміщень, а на підприємствах із виробництва напівфабрикатів – для попереднього нагрівання сировини. Важливим є аналіз енергетичних потоків, який включає оцінку обсягів ВЕР, їхньої температури та потенціалу для повторного використання. Системи енергомоніторингу, побудовані за стандартами ISO 50001, допомагають відстежувати ефективність і оптимізувати процеси [2].

Проектування систем утилізації ВЕР передбачає створення інтегрованих рішень, які враховують специфіку обладнання та технологічних циклів. Наприклад, на підприємствах із виробництва рибних напівфабрикатів доцільно встановлювати теплообмінники для уловлювання тепла від смаження чи варіння. Розрахунок таких систем включає визначення потужності обладнання, обсягу ВЕР і необхідної інфраструктури (трубопроводів, ізоляції). Крім того, важливим є дотримання санітарних норм і стандартів безпеки, щоб уникнути забруднення продуктів. Навчання персоналу та впровадження автоматизованих систем управління підвищують ефективність експлуатації [3].

Використання ВЕР сприяє значній економії енергоресурсів, що знижує собівартість продукції та підвищує конкурентоспроможність підприємства. Наприклад, рекуперація тепла може скоротити витрати на електроенергію чи газ на 15-25%. Екологічний ефект включає зменшення викидів CO₂, що відповідає міжнародним стандартам сталого розвитку та може сприяти отриманню екологічних сертифікатів. Водночас упровадження таких систем вимагає початкових інвестицій у модернізацію обладнання та розробку проєктів, що окупаються протягом 2-5 років залежно від масштабу підприємства [4].

Використання вторинних енергетичних ресурсів на підприємствах харчової промисло-

сті є стратегічно важливим для підвищення енергоефективності та зниження екологічного впливу. Застосування сучасних технологій, таких як рекуперація тепла та когенерація, дозволяє оптимізувати виробничі процеси, зменшити витрати та підвищити конкурентоспроможність. Успішна інтеграція ВЕР сприяє економічній вигоді, сталому розвитку та зміцненню ринкових позицій, роблячи підприємства більш адаптивними до сучасних викликів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергоефективність у харчовій промисловості: навчальний посібник / О. П. Бурдо, І. В. Безпала. – Одеса: ОНАХТ, 2020. – 180 с.
2. Використання вторинних енергетичних ресурсів на підприємствах переробної промисловості / В. М. Завгородній, О. Л. Сидоренко // Харчова промисловість. – 2019. – № 25. – С. 45–52.
3. Energy Efficiency and Management in Food Processing Facilities / M. F. Smith, J. K. Brown. – New York: CRC Press, 2018. – 412 p.
4. Технології енергозбереження в харчовій промисловості: методичний посібник / Л. М. Кравець. – Київ: НУХТ, 2021. – 140 с.

УДК 664.93

Бондаренко С.П., студент, СНАУ, Суми, Україна

РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ М'ЯСА ПТИЦІ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Сучасний ринок продуктів харчування характеризується зростаючим інтересом споживачів до здорового способу життя та якісного харчування. У цьому контексті м'ясо птиці є одним із найпопулярніших видів сировини для виробництва напівфабрикатів завдяки його доступності, високій поживній цінності та відносно низькій калорійності. Розширення асортименту напівфабрикатів із м'яса птиці підвищеної харчової цінності є актуальним завданням, яке відповідає сучасним тенденціям у харчовій промисловості та потребам споживачів.

Основна мета розширення асортименту полягає у створенні продуктів, які не лише відповідають смаковим уподобанням, але й мають покращені поживні характеристики. Це досягається шляхом збагачення напівфабрикатів функціональними інгредієнтами, такими як рослинні волокна, вітаміни, мінерали, пробіотики або натуральні антиоксиданти. Наприклад, додавання клітковини сприяє покращенню травлення, а використання натуральних спецій та екстрактів дозволяє зменшити вміст солі та штучних добавок, що відповідає принципам чистого маркування (clean label). Крім того, розробка продуктів із зниженим вмістом жиру або без алергенів (наприклад, глютену) розширює аудиторію, включаючи людей із дієтичними обмеженнями [1].

Важливим аспектом є оптимізація технологічного процесу виробництва. Це включає відбір якісної сировини, впровадження сучасних методів обробки (наприклад, низькотемпературного приготування або вакуумного пакування), а також контроль безпеки продуктів відповідно до стандартів НАССР. Такі підходи забезпечують збереження поживних властивостей м'яса, подовження терміну зберігання та підтримку високих органолептичних показників.

Розширення асортименту також передбачає врахування ринкових трендів, таких як попит на зручні продукти (ready-to-cook) та страви швидкого приготування. Напівфабрикати, такі як мариновані шашлики, котлети, фаршировані вироби чи порційні страви, збагачені поживними компонентами, відповідають потребам сучасного споживача, який цінує час і якість. Крім того, впровадження інноваційних рецептур, наприклад, поєднання м'яса птиці з суперфудами (кіноа, насіння чіа), сприяє підвищенню конкурентоспроможності продуктів [2].

Економічна доцільність розширення асортименту полягає у залученні нових сегментів

ринку, зокрема тих, хто дотримується здорового харчування, та підвищенні лояльності споживачів. Водночас це вимагає інвестицій у дослідження, розробку нових рецептур і модернізацію виробничих потужностей. Успішна реалізація цього завдання сприятиме не лише задоволенню потреб споживачів, але й сталому розвитку підприємства в умовах конкурентного ринку [3].

Таким чином, розширення асортименту напівфабрикатів із м'яса птиці підвищеної харчової цінності є перспективним напрямом, який поєднує інноваційні підходи до виробництва, увагу до здоров'я споживачів і відповідність сучасним ринковим тенденціям.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бойко, В. С. Технологія виробництва м'ясних продуктів: підручник / В. С. Бойко, О. М. Слободян. – Київ: Вища школа, 2018. – 320 с.
2. Петрова, Н. І. Функціональні продукти харчування: основи технології та рецептури / Н. І. Петрова, І. В. Смірнова. – Харків: ХНАУ, 2020. – 245 с.
3. Smith, J. P., & Charteris, W. P. Functional Food Product Development / J. P. Smith, W. P. Charteris. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2019. – 528 p.

УДК 664.951

Головач А.Л., студентка, СНАУ, Суми, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ РИБНОЇ СИРОВИНИ

У сучасному світі зростає інтерес до продуктів харчування, які поєднують зручність у приготуванні з високою поживною цінністю. Рибна сировина, багата на білки, омега-3 жирні кислоти та мікронутрієнти, є ідеальною основою для створення напівфабрикатів, що відповідають принципам здорового харчування. Розширення асортименту таких продуктів спрямоване на задоволення потреб споживачів у якісних, функціональних і безпечних продуктах, а також на зміцнення позицій виробників на конкурентному ринку.

Основною метою є розробка нових видів напівфабрикатів із риби, збагачених корисними компонентами, такими як натуральні антиоксиданти, клітковина, мінерали чи рослинні добавки. Наприклад, включення до складу продуктів морських водоростей, насіння конопель або ферментованих інгредієнтів сприяє підвищенню поживної цінності та підтримці здоров'я. Особлива увага приділяється створенню продуктів із низьким вмістом солі, цукру чи штучних консервантів, що відповідає сучасним стандартам чистого маркування.

Технологічний процес виробництва напівфабрикатів із рибної сировини потребує впровадження інноваційних методів, таких як швидке заморожування, використання захисних атмосфер для пакування або технологій високого тиску, що дозволяють зберегти природні властивості сировини. Дотримання міжнародних стандартів безпеки, таких як ISO 22000, є ключовим для забезпечення якості та довіри споживачів [1].

Асортимент нових продуктів може включати рибні нагетси, котлети з додаванням суперфудів, мариновані стейки або готові набори для швидкого приготування страв. Такі продукти орієнтовані на сучасного споживача, який цінує економію часу та високу якість. Інноваційні рецептури, наприклад, поєднання риби з кіноа чи насінням чіа, дозволяють створювати унікальні продукти, що виділяються на ринку.

Економічна вигода від розширення асортименту полягає у залученні нових груп споживачів, зокрема тих, хто дотримується дієтичного харчування, та підвищенні прибутковості за рахунок унікальності продуктів. Водночас це вимагає вкладень у розробку технологій, маркетингові дослідження та навчання персоналу. Реалізація цього напрямку сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства, задоволенню потреб ринку та підтримці тенденції сталого розвитку у харчовій промисловості [2].

Удосконалення технологій напівфабрикатів із рибної сировини є стратегічно важливим кроком для харчової промисловості, що дозволяє задовольнити зростаючий попит на здорові

та зручні продукти. Застосування інноваційних технологій та збагачення продуктів функціональними інгредієнтами не лише покращує їхню поживну цінність, але й сприяє розширенню ринкових можливостей. У підсумку, такий підхід забезпечує конкурентні переваги, сприяє здоров'ю споживачів та підтримує стале виробництво, що є ключем до успіху в сучасних умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Малиновська Д. М. Удосконалення технології виробництва рибних пресервів підвищеної харчової цінності: кваліфікаційна робота. – Житомир: Поліський національний університет, 2024. – 164 с.
2. Родак О. Я., Філь М. І. Розроблення рибних пресервів підвищеної біологічної цінності // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2016. – № 5/3 (31). – С. 4–9.

УДК 664.87

Карпенко В.В, студентка, СНАУ, Суми, Україна

ВИРОБНИЦТВО СИРНИКІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ

Сучасні тенденції в харчовій промисловості спрямовані на створення продуктів, які поєднують традиційні смакові якості з підвищеною поживною цінністю. Сирники, як популярна страва на основі кисломолочного сиру, є ідеальною основою для інновацій, оскільки сир багатий на білки, кальцій та інші корисні речовини. Виробництво сирників підвищеної харчової цінності передбачає збагачення продуктів функціональними інгредієнтами, оптимізацію технологічних процесів та забезпечення високої якості, що відповідає потребам споживачів у здоровому харчуванні [1].

Основна мета виробництва таких сирників полягає у розробці рецептур, збагачених натуральними добавками, такими як насіння чіа, морські водорості, рослинні волокна, вітаміни чи пробіотики. Наприклад, додавання насіння чіа підвищує вміст омега-3 жирних кислот і клітковини, а використання молочно-білкових концентратів збільшує білковий склад, роблячи продукт корисним для спортсменів та людей з дієтичними потребами. Важливо зменшити вміст цукру та штучних добавок, застосовуючи натуральні підсолоджувачі, що відповідає принципам чистого маркування [2].

Технологічний процес включає відбір якісної сировини, змішування інгредієнтів, формування та термічну обробку (смаження або запікання). Впровадження інноваційних методів, таких як низькотемпературна обробка або вакуумне пакування для напівфабрикатів, дозволяє зберегти поживні властивості та подовжити термін зберігання. Контроль якості здійснюється відповідно до стандартів HACCP або ISO 22000, забезпечуючи безпеку та стабільність органолептичних показників [3-5].

Виробництво сирників підвищеної харчової цінності відкриває можливості для розширення асортименту, включаючи варіанти з суперфудами (наприклад, з кіноа чи насінням льону), що приваблює сучасних споживачів, орієнтованих на здоров'я та зручність. Економічна ефективність досягається за рахунок збільшення попиту, зниження витрат на сировину та підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Висновки

Виробництво сирників підвищеної харчової цінності є перспективним напрямом, що поєднує традиційні рецептури з сучасними інноваціями. Збагачення продуктів корисними компонентами не лише покращує їхню поживну цінність, але й сприяє задоволенню потреб ринку в функціональних продуктах. У підсумку, такий підхід забезпечує здоров'я споживачів, економічну вигоду для виробників та стале розвиток харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гніцевич В.А., Юдіна Т.І., Дейниченко Л.Г. Технологія сирників на основі молочно-

- білкових концентратів. – Київ: НУХТ, 2020. – 10 с.
2. Інноваційні технології сирників з використанням чіа. – Київ: КНТЕУ, 2021. – 15 с.
 3. УДК 641.85 : 664.87. Технологія виробництва сирників з молочно-білковим концентратом. – Київ: НУХТ, 2019. – 8 с.
 4. Аналіз технологій продукції з сиру, включаючи сирники підвищеної харчової цінності. – Харків: БТУ, 2017. – 12 с.
 5. Розроблення проєкту технології напівфабрикатів на основі кисломолочного сиру. – Харків: БТУ, 2025. – 20 с.

Маренкова Т.І., ст. викладач, СНАУ

ВИКОРИСТАННЯ КРІОПОРОШКУ МОРКВИ У ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ ІЗ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА

Дріжджові вироби займають особливе місце в кулінарних традиціях різних народів світу. Вони є невід’ємною частиною щоденного харчування, а також використовуються під час святкових та обрядових подій. Саме цей вид випічки надає можливості для науковців і практиків експериментувати, вдосконалювати рецептури та пропонувати споживачам нові продукти.

Оцінка повноцінності харчування передбачає не лише баланс енергетичної цінності та оптимальне співвідношення білків, жирів і вуглеводів. Важливим чинником є достатнє забезпечення організму вітамінами та мінералами. Сучасні дослідження вказують на значний дефіцит у раціоні населення полівітамінів, йоду, кальцію, заліза, фтору, селену та харчових волокон. Однією з причин поширення хронічних хвороб, таких як ожиріння, діабет чи атеросклероз, є надмірне споживання рафінованої продукції та нестача клітковини. Саме тому актуальним стає формування принципів «здорового харчування» та впровадження у виробництво продуктів із функціональними властивостями, збагачених корисними нутрієнтами.

У контексті оновлення асортименту борошняних виробів перспективним є застосування натуральних рослинних компонентів. Зокрема, заслуговують уваги кріопорошки моркви, які можна використовувати для експериментальних досліджень та практичних розробок у харчовій промисловості.

Морква має високу біологічну цінність і корисна для людей будь-якого віку. Вона багата на вітаміни групи В, РР, К, Е, а також на каротин, що трансформується у вітамін А. Коренеплід містить мінеральні речовини, ефірні олії, які формують його смак та аромат. Морква і продукти з неї позитивно впливають на зір, органи травлення, дихальну систему та ясна. Її рекомендовано включати у дитячий і дієтичний раціон.

Одним із головних завдань хлібопекарського виробництва є отримання якісного продукту навіть з борошна з низькими технологічними показниками. Для цього необхідно використовувати добавки, що підвищують якість тіста і при цьому відповідають вимогам безпечності та економічної доцільності. Одним із оптимальних рішень є застосування овочевих та фруктових порошків, що мають низьку собівартість, високу біологічну активність і позитивно впливають на структуру та якість дріжджового тіста.

У світовій практиці значний акцент робиться на виробництві рослинних порошків із використанням сублімаційного сушіння та кріогенної технології. Глибоке заморожування при низьких температурах дозволяє зберегти максимальну кількість вітамінів, мінералів і біологічно активних сполук. Завдяки цьому отримані кріопорошки характеризуються високою концентрацією корисних речовин, які у десятки разів перевищують вміст у традиційно консервованих продуктах.

Доведено, що навіть невеликі дози кріопорошків (15–20 г на добу) забезпечують значний оздоровчий ефект. Тонкодисперсний порошок моркви може використовуватися як барвник, ароматизатор чи функціональна добавка у виробництві соусів, паст і випічки. Його унікальний склад робить продукт цінним для спортсменів та людей, що дотримуються здорового

спосіб життя, оскільки він покращує обмін речовин, зір, стан шкіри та процеси регенерації.

Використання морквяного кріопорошку в рецептурі булочок ванільних дозволяє не лише підвищити їхню харчову та біологічну цінність, а й покращити органолептичні властивості. Дослідження показали, що додавання 4–6% порошку до маси борошна забезпечує оптимальний результат. Для надання булочкам функціонального напрямку маємо визначити доцільність внесення порошоків у дозуванні 6%.

Булочки набувають приємного кольору, аромату й смаку, зростає їхня пористість і засвоюваність. При цьому збагачується склад готової продукції вітамінами (С, К, Е, β -каротином), харчовими волокнами та мінералами (К, Са, Mg, Р).

Таким чином, включення кріопорошків моркви у виробництво борошняних виробів є перспективним напрямком. Це дозволяє створювати продукти функціонального призначення з високими споживчими властивостями, які можуть бути рекомендовані для використання у закладах ресторанного господарства.

УДК 664.93

Уланський М. О., студент, СНАУ, Суми, Україна

НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КУРЯЧИХ КОВБАС

Сучасна харчова промисловість спрямована на вдосконалення продуктів харчування з метою підвищення їхньої якості, харчової цінності та безпеки. Курячі ковбаси, як популярний вид м'ясних напівфабрикатів, мають значний потенціал для покращення через впровадження інноваційних технологій, збагачення функціональними інгредієнтами та оптимізацію рецептур. Основні напрями вдосконалення включають зменшення вмісту жиру, солі та штучних добавок, збагачення натуральними антиоксидантами, волокнами та пробіотиками, а також покращення текстури та органолептичних властивостей [1].

Одним із ключових напрямів є заміна традиційних інгредієнтів на більш здорові альтернативи. Наприклад, використання насіння перцю, напіврафінованого каррагенану або гермінованого ячменю дозволяє покращити текстуру, вологість та антиоксидантні властивості ковбас. Додавання селену, екстрактів рослин (наприклад, з опунції) сприяє підвищенню мікробіологічної стабільності та подовженню терміну зберігання. Крім того, впровадження сучасних методів обробки, таких як високий тиск або ферментація з термотолерантними лактобактеріями, покращує якість без використання фосфатів та нітритів натрію [2].

Ще одним важливим напрямом є впровадження нанотехнологій та натуральних консервантів. Наприклад, чітозанові наноемульсії зменшують швидкість псування курячих ковбас, пригнічуючи бактеріальне зростання, і можуть слугувати новим харчовим добавком для подовження терміну придатності. Крім того, використання гермінованого ячменю як функціонального інгредієнта покращує текстуру та антиоксидантну місткість, роблячи ковбаси більш корисними. Інновації також включають формулювання з різними джерелами ліпідів, такими як соняшникова олія (SO), багата на моно- та поліненасичені жирні кислоти (MUFA та PUFA), що робить продукти здоровішими з низьким вмістом насичених жирів (SFA) [3].

Економічна доцільність цих вдосконалень полягає у залученні нових сегментів ринку, зокрема споживачів, орієнтованих на здорове харчування, та підвищенні конкурентоспроможності продуктів. Водночас це вимагає інвестицій у дослідження, розробку рецептур та модернізацію обладнання. Реалізація цих напрямів сприятиме створенню курячих ковбас підвищеної харчової цінності, що відповідають сучасним тенденціям у харчовій промисловості [4].

Напрями вдосконалення курячих ковбас є перспективними для харчової промисловості, дозволяючи створити продукти з покращеною якістю, харчовою цінністю та безпекою. Інноваційні підходи, такі як збагачення функціональними інгредієнтами та оптимізація технологій, забезпечують конкурентні переваги та задовольняють потреби споживачів. У підсумку, це сприяє сталому розвитку галузі та покращенню здоров'я населення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Enhancing Product Quality, Nutrition, Antioxidant Capacity, and ... – PMC, 2025. – 15 с.
2. Innovations in the development of healthier chicken sausages ... – ScienceDirect, 2009. – 10 с.
3. Changes in selenium-enriched chicken sausage containing ... – ScienceDirect, 2023. – 12 с.
4. Germinated barley as a functional ingredient in chicken sausages – PMC, 2016. – 8 с.

УДК 664.951

Муха Р.В., студент, СНАУ, Суми, Україна

АНАЛІЗ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РИБНИХ СТРІПСІВ

Рибні стріпси є популярним видом напівфабрикатів, що поєднують зручність приготування з високою харчовою цінністю, завдяки вмісту білків і омега-3 жирних кислот у рибній сировині. Аналіз рецептурного складу та устаткування для їхнього виробництва спрямований на створення якісного продукту, який відповідає сучасним вимогам до здорового харчування та технологічної ефективності. Основна мета полягає в оптимізації рецептури для підвищення поживної цінності та виборі обладнання, яке забезпечує високу продуктивність і безпеку.

Рецептурний склад рибних стріпсів базується на використанні філе білої риби (минтай, тріска, хек або тилапія) як основного інгредієнта через його щільну текстуру, подібну до курячого м'яса, що робить продукт привабливим для імітації популярних курячих стріпсів. Для збагачення продукту додають функціональні компоненти, такі як рослинні волокна (наприклад, псиліум або інулін для покращення травлення), антиоксиданти (екстракти розмарину чи зеленого чаю для запобігання окисленню), або суперфуди (насіння чіа чи лляне для підвищення вмісту омега-3 і клітковини). Панірування включає борошно (пшеничне або безглютенове), яйця (або рослинні альтернативи для веган-варіантів), панірувальні сухарі (або ранко для хрусткості), а також спеції (паприка, сушений часник, куркума) для нейтралізації рибного присмаку та надання "м'ясного" аромату. Замість штучних консервантів використовують натуральні добавки, такі як аскорбінова кислота чи екстракти цитрусових, що відповідає принципам чистого маркування (clean label). Маринування в лимонному соку, кефірі чи соєвому соусі (на 15–30 хвилин) зменшує специфічний запах, покращує соковитість і забезпечує мікробіологічну стабільність [1,2].

Устаткування для виробництва включає [3]:

- **Машини для нарізки та формування** (наприклад, автоматичні різакі для створення стріпсів розміром 3x10 см);
- **Лінії панірування** (з борошном, рідким кляром і сухарями);
- **Фритюрниці або тунельні печі** для смаження/запікання при 170–180°C;
- **Швидкоморозильні камери** (температура -35°C для збереження текстури);
- **Пакувальні машини** (вакуумне або MAP-пакування для подовження терміну зберігання).

Обладнання має відповідати стандартам НАССР, забезпечуючи санітарну безпеку та уникнення перехресного забруднення.

Економічна ефективність досягається за рахунок автоматизації процесів, зменшення відходів і залучення споживачів, орієнтованих на здорове харчування. Виробництво потребує інвестицій у сучасне обладнання та розробку рецептур, але сприяє підвищенню конкурентоспроможності на ринку.

Висновок

Аналіз рецептурного складу та устаткування для виробництва рибних стріпсів дозволяє створювати якісні продукти з підвищеною харчовою цінністю, що відповідають сучасним ринковим трендам. Оптимізована рецептура та сучасне обладнання забезпечують безпеку, ефективність і привабливість продукту для споживачів. У підсумку, це сприяє сталому роз-

витку підприємства та задоволенню попиту на здорові напівфабрикати.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Родак О. Я. Технологія виробництва рибних напівфабрикатів / О. Я. Родак, М. І. Філь. – Харків: ХНАУ, 2020. – 120 с.
2. Smith J. P. Functional Food Product Development / J. P. Smith, W. P. Charteris. – Oxford: Wiley-Blackwell, 2019. – 528 p.
3. Технологія рибних продуктів: навчальний посібник / [упор. не вказано]. – Київ: НУХТ, 2021. – 150 с.

УДК 664.8

Міщенко Д.Ю., студент, СНАУ, Суми, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОТЛЕТ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Зростання попиту на рослинні продукти харчування, зумовлене тенденціями до здорового способу життя, веганства та сталого розвитку, робить актуальним розробку технологій виробництва котлет з рослинної сировини. Ці продукти є альтернативою м'ясним котлетам, пропонуючи високу поживну цінність, екологічність та доступність. Обґрунтування технології виробництва таких котлет передбачає аналіз рецептурного складу, вибір оптимального обладнання та забезпечення якості, що відповідає сучасним стандартам безпеки та ринковим потребам.

Рецептурний склад рослинних котлет базується на використанні білкових компонентів, таких як соєвий, гороховий або пшеничний текстурат, які імітують текстуру м'яса. Для збагачення додають рослинні волокна (інулін, бамбукові волокна), суперфуди (насіння чіа, конопель) та натуральні ароматизатори (екстракти дріжджів, спеції як паприка чи копчений перець). Зв'язуючі речовини, такі як метилцелюлоза або картопляний крохмаль, забезпечують міцність, а рослинні олії (оливкова, кокосова) додають соковитість. Наприклад, типова рецептура включає 40–50% білкового текстурату, 10–15% волокон, 5–10% спецій і до 20% води, з калорійністю 150–200 ккал/100 г. Для нейтралізації "бобового" присмаку використовують маринування або ферментацію. Відповідність принципам чистого маркування досягається виключенням штучних добавок [1].

Технологічний процес та устаткування включають кілька етапів: підготовка сировини (подрібнення, гідратація текстурату), змішування (планетарні міксери), формування (автоматичні котлетні машини, як Marel або Handtmann, для штампування котлет діаметром 8–10 см), термічна обробка (парові конвекційні печі або фритюрниці при 160–180°C для хрусткої скоринки) та швидке заморожування (IQF-тунелі при -35°C для збереження текстури). Для промислового виробництва використовують автоматизовані лінії з продуктивністю 500–2000 кг/год, які відповідають стандартам HACCP та ISO 22000, забезпечуючи санітарну безпеку та мінімізацію алергенів. Устаткування для пакування (вакуумне або MAP) продовжує термін зберігання до 6–12 місяців [2].

Економічна ефективність технології досягається завдяки низькій собівартості рослинної сировини (порівняно з м'ясом), автоматизації виробництва та залученню нових ринкових сегментів, зокрема веганів і флекситаріанців. Виклики включають необхідність інвестицій у розробку рецептур і обладнання (від 50 тис. євро для базової лінії), а також забезпечення стабільної якості сировини. Технологія сприяє сталому розвитку, зменшуючи екологічний вплив порівняно з м'ясним виробництвом [3].

Обґрунтування технології виробництва котлет з рослинної сировини дозволяє створювати конкурентоспроможні продукти, які відповідають сучасним трендам здорового харчування та екологічності. Оптимізована рецептура та сучасне обладнання забезпечують високу якість, безпеку та привабливість продукту. У підсумку, це сприяє задоволенню ринкового по-

питу, зменшенню екологічного сліду та сталому розвитку харчової промисловості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія рослинних продуктів: навчальний посібник / [упор. не вказано]. – Київ: НУХТ, 2022. – 180 с.
2. McClements D. J. Plant-Based Meat Analogues: From Science to Commercialization / D. J. McClements. – London: Elsevier, 2021. – 432 p.
3. Innovations in Plant-Based Protein Foods – Food Technology Journal, 2024. – 15 с.

Жук В. В., студентка, СНАУ, Суми, Україна

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Олійно-жирова промисловість - належить до однієї з провідних галузей харчової індустрії, спеціалізуючись на виробництві рослинних олій, маргарину, майонезу, саломасу, мила та іншої продукції. Ефективність підприємств цієї галузі, значною мірою визначається сучасністю технічного обладнання, адже саме воно впливає на якість кінцевого продукту, економічність технологічних процесів та екологічну безпеку виробництва.

Виробництво у цій сфері передбачає кілька основних етапів: підготовку сировини, вилучення олії, її очищення (рафінацію), модифікацію (гідрогенізацію, переестерифікацію) та фасування готової продукції. На кожному з цих етапів використовується спеціалізоване обладнання, яке постійно вдосконалюється для підвищення продуктивності та зменшення енергоспоживання.

При виробництві олії використовують технологію механічного віджиму. Але перед цим сировину піддають попередній волого теплової обробці, за допомогою якої досягається необхідна температура і вологість. Для цього в маслоцеху встановлюють обладнання для волого-теплової обробки насіння – жаровні. В Україні їх виготовляє компанія ТАН [1]

Жаровня призначена для підігріву мятки насіння соняшника перед подачею її в маслопрес. Під час волого-теплової обробки відбувається зміна фізико-механічних властивостей мятки та зменшення сил, які утримують олію в мятці. Температура сировини (м'ятки) перед подачею в маслопрес може регулюватися вручну або за допомогою системи автоматичного регулювання. Охолодження сировини після маслопресу може здійснюватися за допомогою охолоджувача макухи [2]

Види жаровні для маслоцеху

Компанія «ТАН» виготовляє жаровні для виробництва олії різних типорозмірів та комплектації. Насамперед вони можуть відрізнятися за:

- продуктивністю;
- площею поверхні теплообміну;
- встановленою потужністю приводу [1]

Промислова жаровня являє собою вертикальний комплекс, складений з окремих чанів. Продуктивність обладнання залежить від розміру та кількості чанів. Обладнання відрізняється розміром, технічними характеристиками та комплектацією. Від цих параметрів також залежить ціна на жаровні для насіння соняшнику.

- діаметр чана;
- продуктивність, т/добу;
- площа поверхні теплообміну;
- потужність;
- робочий тиск;
- витрати пари;
- частота обертання валу [3]

Вологотеплова обробка сировини в жаровнях — важливий етап виробництва олії, мета якої — отримання на виході сировини, яка ідеально підготовлена до подальшого перероблю-

вання — пресування. Продуктивність жаровні має бути підібрана з урахуванням виробничих обсягів підприємства. Так, якщо модель Ж-2100-3 здатна протягом доби обробляти 45 т сировини, то Ж-3200-10 — 400 т.

Отже, сучасне обладнання олійно-жирової промисловості — це поєднання високих технологій, автоматизованих систем управління та принципів енергоефективності. Його модернізація є ключовою умовою підвищення якості продукції, зменшення виробничих витрат та забезпечення сталого розвитку підприємств галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жаровні для маслоцеху: <https://tan.com.ua/equipment/zharovni/>
2. Обладнання для виробництва соняшникової олії: типи та функції. <https://maslopress.ub.ua/analitic/31860-oborudovanie-dlya-proizvodstva-podsolnechnogo-masla-tipy-i-funkcii.html>
3. Жаровня Ж-7: <https://mostasia.com.ua/uk/product/zharivnya-zh-7/>

Харченко А.Р., студентка, Савченко М.Ю. к.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна

ПЕРЕТВОРЕННЯ ХІМІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕПЛО: ФУНДАМЕНТАЛЬНИЙ ПРИНЦИП

Термодинамічна ефективність використання хімічної енергії базується на універсальному принципі контрольованого вивільнення, де енергоносії (паливо) слугує ключовим агентом, що дозволяє перетворити внутрішню потенційну енергію молекулярних зв'язків у придатне для використання тепло через процеси екзотермічного окислення або згоряння.

Енергоносії (будь то газ, вугілля чи нафта) — це фактично стабільне матеріальне сховище енергії, яке чекає на активацію. Його фундаментальна роль полягає в тому, що він здатний довго зберігати величезний запас потенційної хімічної енергії, укладеної в ковалентних зв'язках між атомами вуглецю та водню. Ці зв'язки, що становлять основу всіх органічних молекул, є надзвичайно міцними, і для їхнього розриву необхідна певна початкова енергія — енергія активації.

Сама собою ця прихована енергія є недоступною для практичного застосування. Вона не почне вивільнятися, доки ми не ініціюємо екзотермічний процес, який ми зазвичай називаємо згорянням або контрольованим окисленням. Це може бути іскра, підвищення температури або каталітична реакція. Коли цей процес запущено, енергоносії вступає у взаємодію з киснем: старі, менш стабільні зв'язки руйнуються, а атоми перегруповуються у нові, більш стабільні сполуки.

Ключовий момент полягає в тому, що енергія, виділена при формуванні цих нових, міцніших зв'язків, значно перевищує ту енергію, що була витрачена на розрив початкових зв'язків. Саме цей надлишок і випромінюється у вигляді корисного тепла, перетворюючи хімічний резерв на активний енергетичний ресурс. Таким чином, енергоносії є досконалою системою для безпечного зберігання та ефективного, контрольованого вивільнення енергії.

Механізм Контрольованого Вивільнення

Процес перетворення починається з активації — подолання енергетичного бар'єру, що запускає ланцюгову реакцію. Коли паливо досягає температури займання та взаємодіє з киснем, відбувається інтенсивне окислення. Хімічні зв'язки у вихідних реагентах

розриваються, вивільняючи енергію, і формуються нові, більш стабільні зв'язки у продуктах реакції. Ключовим моментом є те, що енергія, виділена при формуванні нових зв'язків, значно перевищує енергію, поглинену для розриву початкових зв'язків. Цей надлишок енергії і є тепловою енергією, яка підвищує кінетичну енергію молекул газів, роблячи її придатною для практичного застосування (опалення, генерації пари чи механічної роботи).

Термодинаміка та Ефективність

З точки зору термодинаміки, головний принцип полягає у контрольованому вивільненні

енергії. Завдяки фізичним властивостям енергоносія та інженерним рішенням (наприклад, подача палива в камеру згоряння), ми можемо точно регулювати швидкість і інтенсивність виділення тепла.

Однак, слід зазначити, що хоча хімічне перетворення саме по собі є потужним, термодинамічна ефективність всієї системи ніколи не досягає 100%. Частина тепла неминуче втрачається в навколишнє середовище (розсіювання) або виходить із продуктами згоряння (димовими газами). Тому інженерне завдання в теплоенергетиці полягає у постійному вдосконаленні теплообмінників та ізоляції для максимізації кількості вивільненого тепла, яке справді використовується для корисної роботи.

Таким чином, енергоносіє — це не лише джерело енергії, а й інструмент контролю, що дозволяє людству керувати одним із найфундаментальніших термохімічних процесів для забезпечення своїх потреб у теплі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Теплова енергетика, URL: <https://pivdenenergozbut.com.ua/public/generacziya-elektrichnoi-energii-ta-ii-osnovni-vidi/> (дата звернення 02.10.2023)
2. Процес перетворення електричної енергії в теплову. URL: <https://ua.superbheater.com/info/the-process-of-converting-electrical-energy-in-89261336.html> (дата звернення 02.10.2023)

УДК 631.3

Кожушко А.П., професор, ШНАУ, Суми, Україна

ROBOTIC PLATFORMS AS A DRIVING FORCE OF THE AGRICULTURAL SECTOR

Modern trends in agricultural production show that robotic and autonomous technologies are being implemented rapidly to ensure greater efficiency, precision and environmental sustainability in technological processes. The shortage of skilled labour, the need to reduce energy consumption and minimise environmental impact are stimulating the search for new technical solutions in agricultural mechanisation. One key aspect of this transformation is the use of agricultural robotic platforms integrating electromechanical, hydraulic and digital control systems. It is highly relevant to identify the development prospects of robotic platforms as a driving force for transforming the agricultural sector towards automation, energy efficiency, and sustainable development.

These platforms can be classified according to their level of autonomy (teleoperated, semi-autonomous or fully autonomous), their type of propulsion (electric, hybrid or hydrostatic) and their functional purpose (monitoring, spraying, seeding or harvesting). Examples of their implementation around the world include the AgXeed AgBot in the Netherlands, a diesel-electric robot designed for soil cultivation; the FieldRobotics Thorvald in Norway, a lightweight, universal, autonomous system for vegetable and greenhouse operations; and the Drever 120 in Italy, a 4x4 wheeled platform equipped with electric hub motors providing a total equivalent power of 150 hp. Notable examples include the Case IH Autonomous Concept Vehicle, which was developed based on the Case IH Magnum tractor model. Similar principles underpin the design of the Monarch Tractor and the John Deere Autonomous 8R Tractor.

Such platforms are predominantly structurally based on electric and/or electromechanical transmissions, which ensure smooth speed control, energy-efficient power distribution and the ability to recover energy during certain operating modes. Using electric power units in combination with autonomous control systems enhances the precision of agricultural operations, enables adaptation to varying field conditions and minimises resource losses. Advantages of robotic agricultural platforms include reducing the labour intensity and operating costs of agro-technological processes, increasing energy efficiency by 15–30% compared to conventional tractors, enabling continuous 24/7 operation, reducing soil compaction due to optimised weight distribution and ground pressure, and facilitating digital integration into precision farming systems. However, several challenges remain, including the high initial cost, the need to standardise control interfaces, and issues relating to cybersecurity and the legal status of autonomous machines in agricultural environments.

The global agricultural sector is undergoing a major technological transformation, with automation and robotics at its core. Over the next few years, the market for agricultural robots and autonomous wheeled platforms is expected to grow rapidly, driven by technological, economic and social factors. Key drivers of this transformation include a shortage of skilled labour, the need to increase energy efficiency and reduce CO₂ emissions, and a commitment to sustainable farming with minimal environmental impact. One strategic direction in this evolution is the integration of computer vision, artificial intelligence (AI) and machine learning systems. Next-generation robotic platforms are equipped with multimodal sensors, including LiDAR, multispectral, thermal and RGB-D cameras, that enable detailed analysis of crop condition, soil structure and moisture levels. AI algorithms enable the automatic detection of pests, weeds, and plant stress indicators, facilitating data-driven decisions regarding the localised application of fertilisers or pesticides. This forms the basis of precision agriculture, in which each agro-technical operation is performed in a targeted and economically justified manner. Equally important is the development of digital ecosystems that integrate all elements of agricultural production, from field sensors to cloud-based data analytics platforms. Agricultural robots are becoming part of a broader intelligent system involving data exchange via 5G networks, big data processing and predictive analytics services for forecasting crop

yields, soil conditions and operational efficiency.

УДК.631

Груць О.Є., магістрант, Сіренко Ю.В. PhD, доцент., Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЇ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ

Система точного землеробства з комбайном використовує GPS-навігацію, датчики врожайності та автоматичне керування для збору точних даних про поле, оптимізації процесу збирання та підвищення ефективності. Ключові компоненти включають приймачі GNSS для точного позиціонування, датчики, що фіксують вологість та врожайність, контролери для обробки даних, а також програмне забезпечення для створення карт врожайності та аналізу даних.

Вагомою перевагою системи точного землеробства є можливість вести детальний облік та аналіз усіх виробничих процесів. Сучасні програми та електронні системи, інтегровані у комбайни та іншу техніку, автоматично збирають і зберігають дані про врожайність, вологість зерна, стан ґрунту та інші показники. Це створює своєрідний «банк даних» для кожного поля, який можна використовувати для планування майбутніх сезонів. Завдяки такому підходу аграрій отримує повну картину діяльності свого господарства, може порівнювати результати за роками, визначати ефективність окремих заходів та вчасно коригувати стратегію. У сучасному агробізнесі, який потребує чіткого прогнозування і планування, така інформація є неоціненною. Вона допомагає мінімізувати ризики, швидко реагувати на зміни погодних умов або ринкової кон'юнктури та забезпечує стабільність виробництва.

Важливими складовими сучасних зернозбиральних комбайнів є також бортові комп'ютери та монітори, які збирають усю інформацію від датчиків і систем та виводять її на дисплей. Це дає оператору можливість у реальному часі контролювати якість збирання, рівень втрат зерна, продуктивність комбайна та інші показники. У деяких моделях дані автоматично передаються у спеціалізовані програми для подальшого аналізу.

Окремо слід згадати системи автопілоту та автоматичного керування, які дозволяють комбайну рухатися по полю практично без участі людини. Оператор лише контролює процес, а всі основні функції виконує техніка. Це дає можливість працювати довше без втоми та забезпечує високу точність навіть у складних умовах.

Наприклад, у комбайнах фірми John Deere застосовуються одні з найсучасніших систем точного землеробства, які значно підвищують ефективність збирання врожаю. Зокрема, система HarvestSmart автоматично регулює швидкість руху комбайна залежно від навантаження. Це означає, що техніка може підлаштовуватись під реальні умови на полі: якщо врожайність висока, комбайн уповільнює рух, щоб якісно обмолотити зерно без втрат; якщо ж урожайність нижча, швидкість збільшується, що дозволяє зекономити час та паливе. У поєднанні з цим ефективно працюють датчики врожайності та вологості, які в режимі реального часу вимірюють кількість зібраного зерна та його вологість. Отримані дані відразу передаються у бортовий комп'ютер, де вони обробляються і зберігаються. Це дає змогу фермеру створювати карти врожайності та точно оцінювати якість зібраного врожаю.

Важливим елементом техніки John Deere є система GPS-навігації AutoTrac, яка забезпечує максимально точний рух комбайна по полю. Завдяки їй техніка рухається з точністю до кількох сантиметрів, що виключає можливість перекриттів або пропусків. Це не лише економить паливе, а й зменшує втрати зерна, адже кожен рядок поля збирається максимально ретельно. Усі ці дані підключаються до системи Operations Center – спеціалізованої платформи, яка зберігає та аналізує інформацію, зібрану під час збирання врожаю. Таким чином, фермер отримує детальну картину стану свого господарства: від продуктивності окремих полів до рівня вологості зерна в різних частинах ділянки. На основі цих даних можна планувати майбутні агротехнологічні заходи, розраховувати витрати на добрива чи засоби захисту рос-

лин та приймати більш ефективні управлінські рішення.

Система синхронізації машин від відомого бренда John Deere Machine Sync Gen4 дозволяє операторам об'єднати до 6 машин за допомогою бездротової мережі. Комбайн буде призначено «головним». Через це параметри швидкості та положення трактора буде синхронізовано з комбайном, що забезпечить точне вивантаження на ходу. Водій комбайна може трохи посунути трактор уперед або назад, щоб забезпечити рівномірне розподілення матеріалу в причепі. Комбайни також можуть надсилати тракторам дані щодо рівня завантаженості зернового бункера та стану вивантажувального шнека, що дозволяє оптимізувати логістичні операції збирання та скоординувати операції вивантаження [7].

Machine Sync значно спрощує процес збирання врожаю, автоматизуючи процес розвантаження комбайна та дозволяючи оператору зосередитися на збиранні або інших функціях машини. Використання Machine Sync прискорює процес збирання, скорочує втрати зерна та знижує рівень стресу оператора комбайна й зернового причепа при великому завантаженні, особливо під час роботи вночі чи за поганої видимості [8].

Інший приклад сучасної техніки – це комбайни CLAAS Lexion, які відомі своїм високим рівнем автоматизації. У цих машинах встановлена система Cemos Automatic, яка самостійно регулює основні параметри роботи: швидкість подачі маси, налаштування молотильного барабана, положення решіт тощо. Система аналізує дані з численних датчиків та безперервно коригує роботу комбайна для досягнення найкращої продуктивності. Це дозволяє мінімізувати втрати зерна і водночас забезпечити високу якість обмолоту. Крім того, у комбайнах CLAAS застосовуються датчики врожайності та вологості, які формують детальні карти полів. Важливою особливістю є й наявність систем паралельного водіння, що значно полегшують роботу механізатора, дозволяючи йому зосередитися не стільки на керуванні технікою, скільки на контролі якості виконуваних операцій.

Подібні рішення реалізовані й у техніці компанії New Holland, де встановлені інноваційні системи IntelliSense та IntelliCruise. Система IntelliSense автоматично аналізує навантаження на молотильні та сепарувальні механізми і самостійно підбирає оптимальні налаштування. Вона здатна в реальному часі змінювати швидкість роботи барабанів, потік повітря чи положення решіт, що дозволяє зберегти максимальну кількість зерна навіть у складних умовах. Система IntelliCruise, у свою чергу, контролює швидкість руху комбайна залежно від потоку маси, що надходить у молотильний апарат. Це забезпечує рівномірне навантаження, запобігає перевантаженням і робить процес обмолоту більш стабільним. Завдяки цьому механізатор отримує високоякісний результат без необхідності постійно вручну регулювати робочі параметри машини.

Таким чином, використання елементів точного землеробства на зернозбиральних комбайнах має надзвичайно велике значення для сучасного аграрного виробництва. Воно дозволяє зменшувати втрати зерна під час збирання, оптимізувати витрати пального та інших ресурсів, покращувати якість роботи техніки й отримувати точні дані для подальшого аналізу. У результаті господарство отримує не лише більш високий урожай, а й можливість чітко планувати свою діяльність на майбутнє.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Моніторинг урожайності полів за допомогою зернозбиральних комбайнів Agro-Business. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/17673-monitorynh-urozhainosti-poliv-za-dopomohoiu-zernozbyralnykh-kombainiv.html> (дата звернення: 02.10.2025).
2. Точне землеробство: рішення для комбайнів. Картографування врожайності // Titan Machinery. URL: <https://www.titanmachinery.ua/tochne-zemlerobstvo/rishennya-dlya-kombayniv/kartografuvannya-vrozhaynosti.html> (дата звернення: 02.10.2025).
3. Chosa T., Shibata Y., Kobayashi K. Yield Monitoring System for a Head-Feeding Combine JARQ. 2006. URL: https://www.researchgate.net/publication/266249725_Yield_Monitoring_System_for_a_Head-

- Feeding_Combine (дата звернення: 02.10.2025).
4. Risius N. Analysis of a combine grain yield monitoring system. Thesis. – Iowa State University, 2014. URL: <https://dr.lib.iastate.edu/bitstreams/8afb3ae1-bdcc-46d4-b6b5-9e0629385473/download> (дата звернення: 02.10.2025).
 5. Система точного землеробства. Метод. вказівки. – Миколаїв : МНАУ. – URL: https://www.mnau.edu.ua/files/faculty/ingenerno-energ/kaf_tsgm_ets/systema-tochnogo-zemlerobstva.pdf (дата звернення: 02.10.2025).
 6. Осадча А. О. Точне землеробство як аграрно-правова категорія: генеза розвитку і правові проблеми визначення в Україні та світі // Аграрно-правова. 2025. № 62. URL: <https://app-journal.in.ua/wp-content/uploads/2025/02/62.pdf> (дата звернення: 02.10.2025).
 7. Machine Sync Технологія точного землеробства. Сайт <https://www.deere.ua/>. Техніка / Сільськогосподарська техніка / Точне землеробство. URL: <https://www.deere.ua/uk/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B5-%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE/%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B8-%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D1%96i/machine-sync/> (дата звернення: 01.10.2025).
 8. Джон Мішлер. John Deere оновив програмне забезпечення та функції Machine Sync. Сайт <https://traktorist.ua/> Біржа сільгосптехніки. Головна / Новини / Стаття. 18.02.2019. URL: <https://traktorist.ua/news/2903-john-deere-onoviv-programne-zabezpechennya-ta-funktsiyi-machine-sync> (дата звернення: 01.10.2025).

Жаден М. Ю., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Новіков І. А., Кошевой М. С., СНАУ, м. Суми, Україна

ДОСЛІДНО-АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВНУТРІШНЬОҐРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ У СИСТЕМІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

Раціональне використання мінеральних і органічних добрив є одним із ключових чинників підвищення ефективності сучасного агровиробництва. В умовах трансформації клімату, деградації ґрунтів і зростання цін на добрива особливого значення набувають технології внутрішньоґрунтового внесення добрив, які дозволяють зменшити втрати поживних речовин, підвищити коефіцієнт їх засвоєння рослинами та оптимізувати енергетичні витрати на обробіток ґрунту [1].

Метою дослідження є аналіз ефективності технології внутрішньоґрунтового внесення добрив під час оброблення ґрунту на прикладі агровиробництв північно-східного регіону України, оцінка її впливу на родючість ґрунту, врожайність основних культур та економічні показники господарства.

Методи дослідження включали польові спостереження, лабораторний аналіз ґрунтів, облік урожайності та порівняльний економічний аналіз результатів застосування поверхневого і внутрішньоґрунтового способів внесення добрив [2].

Внутрішньоґрунтове внесення добрив забезпечує рівномірне розподілення поживних елементів у зоні активного росту кореневої системи, що сприяє кращому використанню азоту, фосфору та калію культурами. У дослідженнях, проведених на агровиробництві протягом 2024–2025 років рис. 1, встановлено, що використання культиваторів із системою глибинного локального внесення мінеральних добрив дозволило підвищити врожайність зернових культур на 8–12 % порівняно з традиційним способом. Також спостерігалось покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту: збільшення вмісту гумусу на 0,1–0,15 %, зменшення щільності орного шару, стабілізація водно-повітряного режиму. Це свідчить про довготривалий позитивний вплив технології на стан ґрунтового середовища.

Важливим аспектом є енергетична ефективність. Використання комбінованих агрегатів, що одночасно проводять обробіток і внесення добрив, знижує кількість проходів по полю, скорочує витрати палива до 20 % та зменшує ущільнення ґрунту. Отримані данні за допомогою польового експерименту (рис. 1) підтвердили результати, що отримані в роботі [5].

Економічні розрахунки показали, що додаткові витрати на обладнання для внутрішньогрунтового внесення добрив окупаються протягом 2–3 років за рахунок підвищення врожайності та зменшення витрат на добрива. Середній коефіцієнт рентабельності впровадження технології на підприємстві може становити 115–125 % відповідно до даних авторів роботи [6].



Рисунок 1 – Фото польових досліджень

Крім того, внутрішньогрунтова система внесення сприяє зменшенню викидів парникових газів та нітратного забруднення поверхневих вод, що відповідає вимогам екологічного землеробства та концепції Сталого розвитку [7].

Таким чином, впровадження технології внутрішньогрунтового внесення добрив на агровиробництві північно-східного регіону довело свою ефективність з точки зору підвищення врожайності, економії ресурсів та покращення екологічного стану ґрунтів. Отримані результати свідчать про доцільність поширення даної технології в господарствах, що спеціалізуються на інтенсивному вирощуванні зернових культур. Подальші дослідження варто спрямувати на оптимізацію норм і глибини внесення добрив залежно від типу ґрунту та культури.

Отже, внутрішньогрунтове внесення добрив є перспективним напрямом розвитку сучасного землеробства, який поєднує економічну вигідність із принципами ресурсозбереження та екологічної безпеки [8].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Малік М. Й., Григоренко Ю. М. Екологічно безпечні технології внесення добрив у землеробстві. – Київ: Аграрна наука, 2022. – 212 с.
2. ДСТУ 7368:2013. Машинаи сільськогосподарські. Методи визначення ефективності використання добрив. – Київ: Мінекономрозвитку України, 2014.
3. Петренко В. П., Лавренюк І. О. Підвищення ефективності внутрішньогрунтового внесення добрив при обробітку ґрунту. // Вісник аграрної науки. – 2023. – № 7. – С. 56–62.
4. Грек І. В. Вплив технологічних прийомів удобрення на агрохімічні властивості чорноземів. // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2023. – № 4. – С. 33–41.
5. European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA). Best practices for fertilizer application. – Brussels, 2021.
6. OECD. Sustainable agriculture indicators 2024. – Paris: OECD Publishing, 2024.

7. FAO. Conservation agriculture and nutrient management. – Rome: FAO, 2022.
8. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Strategy for sustainable agricultural development 2030. – Kyiv, 2023.

УДК.631

Горобець Я.М., магістрант, Саржанов Б.О. PhD, доцент. Харченко Ф.М., к.т.н., доцент, Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ

Ефективний вибір методу збирання гарантує малі зернові втрати, зменшення коштів на збір врожаю і забезпечує високу якість продукції.

Існує два види збирання зернових культур це пряме комбайнування та роздільне.

Збираючи дуже полегли хліби, коли значна частина колосків нижче від висоти зрізання стебел, мотовило працюватиме краще, коли обладнати різальний апарат жатки стеблорізачами (ліфтерами) різної конструкції [1].

Особливості скошування вологих і забур'янених посівів полягають у тому, що їх важче підрізати ножами жатки. Хлібна маса затримується на пальцях різального апарата, підіймаючи ніж над протирізальними пластинами, до того ж різко погіршується або зовсім припиняється зрізування хлібів, а отже, зростають і втрати зерна [1].

На скошуванні жатками хлібів у валки відбуваються втрати зерна (в основному через вибивання зернин із колоса планками мотовила), зрізаного та не зрізаного колосся (внаслідок неякісної роботи різального апарата та подільників). Щоб цього не сталося, потрібно встановити оптимальну висоту зрізування стеблостою [1].

Основним методом збирання урожаю ранніх зернових культур є прямий обмолот. Вибір методу збирання включають рівномірне досягнення стебел рослин 14-16% вологості, низьку кількість бур'янів у посівах, мінімальне вилягання стебла і наявність техніки для проведення обмолоту.

Після того як зерно досягло потрібної вологості для обмолоту найкраще використовувати пряме комбайнування. Використання цього методу є більш доцільним, якщо розпочати його на день раніше, ніж досягнуто повну стиглість.

Роздільний метод може бути застосований в залежності від стану полів і наявності необхідного обладнання для комбайнів. Критерії вибору цього методу включають нерівномірне дозрівання зерна, високу бур'яність полів, а також недостатність збиральної техніки і навантаження на комбайн.

Двофазна (валкова) технологія включає такі етапи: перше - зрізання стебел та укладання їх у валки; друге - підбирання валків, обмолот та розділення продуктів обмолоту на зернову і незернову частини врожаю. Після першої фази стебла у валках висихають, зерно досягає стиглості, його вологість вирівнюється. Після 1-2 днів проводиться друга фаза - обмолотка валків. Розпочинають збирання зернових в восковій стиглості культури. Зерно яке становить 30-40% вологості, має міцний зв'язок з колоском. Рослини скошені у валок, краще захищають зерно від впливу вітру, що дозволяє відкласти строки обмолоту.

На полях сумського НАУ застосовується пряме комбайнування для цього університет використовує комбайн ДОН-1500.

Під час руху комбайна по полю він за допомогою ножів зрізає хлібну масу та відправляє її за допомогою шнека який встановлений у середині хатки до наклонної камери яка транспортує масу до камери обмолоту де вимолочується зерно і відділяється від соломи і осипається на стрясну дошку потім по ній зерно переходить до решет очищення через решета проходять уже очищене зерно яке потім піднімається до бункера за допомогою зернового елеватора з бункера потім його вигружують за допомогою вигрузного шнеку.

Очистка призначена для відділення дрібного вороху від зерна для того щоб на виході отримувати чисте зерно.

Очистка відбувається за допомогою повітря яке заганяється за допомогою вентилятора і яке потім проходить через решета і вивіває ворох з комбайна.

Потім очищене зерно попадає до зернового шнеку який транспортує його до елеватора який свою чергу транспортує його до бункера.

Втрати під час молотіння можна оцінювати по необмолочених колосках за комбайном. Зерно, яке падає за комбайном, це втрати соломотряса або очисної установки. Щоби мінімізувати загальні втрати, необхідно враховувати навіть незначні втрати при обмолоті [2].

Втрати за соломотрясом і під час очищення визначають за допомогою чаші, яку ставлять під падаючий валок соломи за комбайном. Солому витрушують над перевірочною чашею, підраховують наявне у ній зерно і порівнюють результати з доступними граничними параметрами. Вимірювання повторюють тричі [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Гайденок О. Збирання врожаю зернових культур. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. 16.07.2021. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/22170-zbyrannia-vrozhaiu-zernovykh-kultur.html> (дата звернення: 02.09.2025).
2. Збирання врожаю зернових: як мінімізувати втрати. SuperAgronom.com. Головний сайт агрономів. Головна / Статті /. 25.06.2020. URL: <https://superagronom.com/articles/382-zbirannya-vroжайu-zernovih-yak-minimizuvati-vtrati> (дата звернення: 03.09.2025).
3. Артьомов М. П. Технологічні системи збирання зернових культур [Електронний ресурс] / М. П. Артьомов. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/2536/1/materialy-MNPK_SIAHV_2021-256-257.pdf.
4. Кирпа М. Збирання і збереження врожаю зерна [Електронний ресурс] / М. Кирпа // Головний журнал з питань Агробізнесу \“Пропозиція\”. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/zbirannya-i-zberezhennya-vrozhayu-zerna>.
5. Технологічні системи збирання врожаю [Електронний ресурс] // Таврійський ДАУ Імені Дмитра Моторного. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: http://www.tsatu.edu.ua/mvz/wp-content/uploads/sites/5/tema_5-tehnologichni-systemy-zbyrannja-vrozhajuv.pdf

УДК 631.3

Даниленко В.Д., Череватенко Р.В., аспіранти, НТУ «ХП», Харків, Україна

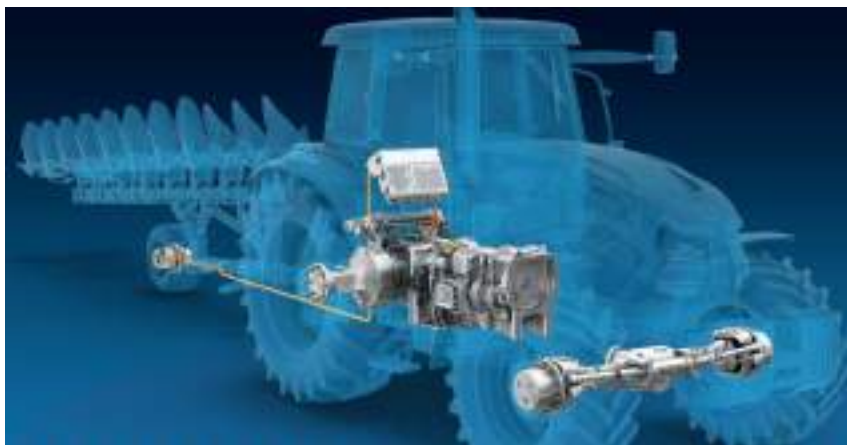
ГІБРИДИЗАЦІЯ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

У сучасних умовах трансформації енергетики та переходу до «зелених» технологій питання енергоефективності та екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва набувають особливої актуальності. Значна частка енерговитрат у структурі аграрного виробництва припадає саме на енергетичні сільськогосподарські засоби – трактори, комбайни, навантажувачі, мобільні платформи, що традиційно оснащуються дизельними двигунами внутрішнього згоряння. Тому наступним етапом технічної еволюції задля забезпечення сталого розвитку аграрного сектору є гібридизація і електрифікація засобів.

Розвиток гібридизації та електрифікації безпосередньо пов'язаний із вдосконаленням електричних машин, які є ключовою ланкою силового приводу. У сучасних аграрних засобах використовуються переважно асинхронні двигуни (ІМ), синхронні двигуни з постійними магнітами (PMSM), машини з електромагнітним збудженням (SwRM) та двигуни з перемикаючими магнітними потоками (SynRM). ІМ відзначаються простотою конструкції, високою надійністю та відносно низькою вартістю. Вони стійкі до перевантажень і добре працюють у складних умовах, однак мають дещо нижчий ККД і габаритну потужність порівняно з більш сучасними типами машин. Такі мотори доцільно використовувати в допоміжних системах,

наприклад у приводах насосів, вентиляторів чи жаток. PMSM відзначаються високим ККД, компактністю, високим пусковим моментом та широкими можливостями керування. Вони забезпечують ефективну роботу при низьких обертах і дозволяють реалізувати плавне регулювання тягового моменту, що робить їх оптимальними для основних приводів електричних і гібридних тракторів. Недоліком таких двигунів є вища вартість і необхідність у системі складного електронного керування. SwRM мають можливість регулювання магнітного потоку, що дозволяє адаптувати характеристики мотора під змінні навантаження. Вони не потребують постійних магнітів і є дешевшими, але мають складнішу конструкцію. Такі машини можуть бути ефективними для середньопотужних тракторів або гібридних приводів, де важливе плавне регулювання моменту. Окрему нішу займають SynRM, які вирізняються надзвичайною надійністю, простотою конструкції та здатністю працювати у важких умовах (тобто при високій запиленості, вологості й вібраціях). Їхній недолік полягає у підвищеній шумності та пульсаціях моменту, однак вони все частіше використовуються у приводах автономних мобільних платформ, колісних модулів та електротягачів.

Зважаючи на вище наведене, відмітимо, що гібридизація техніки полягає в інтеграції кількох джерел енергії (дизельного двигуна внутрішнього згоряння та електричної машини) з метою досягнення оптимального енергетичного балансу. Завдяки поєднанню механічної і електричної потужності забезпечується можливість рекуперації енергії, робота силової установки у більш економічних режимах, а також підвищення динамічних характеристик засобів. Сучасні трактори, такі як John Deere eAutoPowr, трактори з трансмісією ZF eTERRAMATIC (рис. 1а), демонструють значне зниження витрат палива, покращення плавності ходу та загальної ефективності енергосистеми. Таким чином, завдяки можливості рекуперації енергії під час гальмування або зміни режимів руху, у гібридних системах досягається економія палива до 30 %. Додатковими перевагами є суттєве зниження рівня шуму та вібрацій, що важливо для роботи у тепличних і тваринницьких господарствах, а також покращення умов праці оператора.



а



б

Рисунок 1 – Сільськогосподарські засоби з альтернативною силовою установкою:
а – гібридна [1]; б – електрична [2]

Електрифікація сільськогосподарських засобів може мати як частковий, так і повний характер. Часткова електрифікація передбачає переведення допоміжних систем: гідравлічних насосів, вентиляторів, рульового керування, систем охолодження на електричний привід. Це дасть змогу скоротити втрати потужності силової установки, знизити шум і підвищити точність регулювання. Повна електрифікація передбачає використання електромоторів як основного рушія засоба, живлення яких забезпечується від акумуляторних батарей. Такі рішення реалізовані у повністю електричних тракторах Monarch, Case IH Autonomous Concept Vehicle (рис. 16), Fendt e107 V Vario, які здатні працювати 8–12 годин без підзарядки та мають можливість автономного або дистанційного керування.

Проте все ще залишаються проблеми, що пов'язані з високою вартістю тягових акумуляторних батарей, обмежений запас ходу та відсутність розвиненої інфраструктури для заряджання у сільських умовах експлуатації. Важливим напрямом подальших досліджень є розроблення комбінованих електромеханічних трансмісій. Паралельно ведуться розробки систем керування з використанням штучного інтелекту, здатних адаптувати роботу електромоторів до змін навантаження в реальному часі. Це відкриває перспективу створення повністю автономних електрифікованих аграрних платформ, які зможуть виконувати польові операції без участі людини, забезпечуючи стабільність технологічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Кожушко А. П. Аналіз розвитку трансмісійних установок сучасних колісних тракторів / А. П. Кожушко, В. Д. Даниленко, С. Г. Селевич // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – № 2. – С. 118-131. <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2022.2.13>
2. Пелипенко Є. С. Аналіз конструктивних особливостей автономних самохідних платформ з гібридною трансмісією сільськогосподарського призначення / Є. С. Пелипенко, Р. В. Череватенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Автомобіле- та тракторобудування: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2025. – № 1. – С. 139-150. <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2025.1.16>

УДК 631

Ткаченко А.М., магістрант; Саржанов Б.О. PhD, доцент; Харченко Ф.М., к.т.н., доцент; Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ТА ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Органічні добрива покращують родючість ґрунту, його структуру, водоутримуючу здатність та біологічну активність, а також забезпечують рослини поживними речовинами та покращують якість врожаю. Вони позитивно впливають на екосистему ґрунту, стимулюють ріст кореневої системи та роблять рослини більш стійкими до хвороб.

Машини для внесення добрив пропонують вітчизняні й закордонні фірми: ТОВ «Оріхів-сільмаш» (РОУ-6, ПРТ-7, ПРТ-10), Brochard (моделі EV 2200-90; 240 BG-65EV та EV 2200-80T, які агрегатуються з тракторами від 240 к.с); Kuhn (розкидачі мінеральних добрив KUHN AXIS 20.2, AXIS 30.2, AXIS 40.2, AXIS 50.2 (Аксіс). Об'єм бункера 1400–3200 л); Strautmann (моделей TSW 3140 E; TSW 3140 T; TSW 6240S; TSW 4190 S та TSW 5210 S/W); Unia Group (моделі Unia MXL; Unia TYTAN (з бункером 20, 24, 30 та навіть 36); Unia RCW), Metaltech - польська компанія (серії RO; Tango 14), Volland HL22 TM Volland; Sipma (органічних (наприклад, SIPMA RO 800 TAJFUN, RO 1200 TORNADO) для гною, компосту, торфу та мінеральних (наприклад, SIPMA RN 1000 BORYNA) для розсіювання мінеральних добрив); Metal-Fach (N272/2 та N267, що відрізняються вантажопідйомністю та типом адаптера (вертикальні 2- або 4-шнекові); Pronar (NV161 (NV серія), N262/2 має вертикальний двовальний адаптер забезпечує високу точність і ефективність внесення органіки по всій ширині захва-

ту); VoLLand моделі Helios 14; розкидачі органічних добрив компанії "ЯР-Степ" (від польського виробника Metal-Fach Sp. z o.o.) MetaL-Fach N267 HORNET (8т); MetaL-Fach N267/1 HORNET (6т); MetaL-Fach N272/1 TAURUS (12т); MetaL-Fach N272/2 TAURUS (14т); MetaL-Fach N272/3 VIKING (14т) та MetaL-Fach N272/6 VIKING (18т) та польської компанії Alima Bis. й ін [1, 2].

Розкидачі добрив відрізняються за місткістю, системою внесення органічних добрив (прямоточна або перевалочна) та іншими характеристиками. Конструкція передбачає подачу завантаженого гною, компосту, торфу або інших різновидів добрив, після чого матеріал подрібнюється та рівномірно розподіляється по полю. Ключова функція, яку виконують розкидувачі органічних добрив – подрібнення та розподілення поживного матеріалу для рослин [4].

Машини для внесення органічних добрив вирізняються наступними конструкційними особливостями: одновісна, двовісна або тандемна ходова система; причіпний або навісний механізм з'єднання з трактором; кузов з механізмом подачі добрив – донний транспортер, конвеєр тощо; шнекові барабани для подрібнення та розкидання матеріалу; великі прогумовані колеса для вільного пересування в'язкими ґрунтами [3].



Рисунок 1. Вертикальні розкидальні робочі органи розкидачів добрив

Розкидачі які обладнані вертикальними системами розкидання (рис. 1) органічних частинок (наприклад, РТД-5, МТО-7, МТО-12) обладнані двома або чотирма барабанами (бітерами), які забезпечують рівномірний розподіл гною (органічної форації) смугами шириною 4–8 метрів. Для збільшення робочої ширини до 10 і більше метрів застосовують спеціальні розкидальні пристрої (дисками). Вони ефективно працюють як на рівнинних ділянках, так і на схилах, гарантуючи високу продуктивність з різноманітними типами та консистенціями органічних добрив.



Рисунок 2. Горизонтальні робочі органи розкидачів добрив

Розкидачі, оснащені горизонтальною шнековою системою розкидання органічних частинок (рис. 2), ідеально підходять для розподілу перепрілого гною без домішок соломи, птишиного посліду, біогазових залишків та інших органічних матеріалів. Шнеки (бітера) обладнані спеціальними кожухами, які забезпечують ретельне розпушування гною, сприяючи його кращій інтеграції у ґрунт. Основною перевагою горизонтальних механізмів є ширина внесення добрив, яка може досягати аж до 25 метрів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Думич В. Машини для внесення органічних добрив. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Статті/ Механізація АПК. 22.08.2024. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/30441-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv.html> (дата звернення: 06.04.2025).
2. Думич В. Машини для внесення органічних добрив. Сайт "Агрономія сьогодні". <https://agronomy.com.ua/>. Агрономічний довідник для фермерів та агрономів/статті. 29.04.2024. URL: <https://agronomy.com.ua/statti/2432-mashyny-dlia-vnesennia-orhanichnykh-dobryv.html> (дата звернення: 14.02.2025).
3. Думич В., Куліш О., Львівська Філія УкрНДПВТ Ім. Л. Погорілого. Елементи машин для органіки. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. <https://agro-business.com.ua/>. Статті/ Механізація АПК. 07.02.2018. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9380-elementy-mashyn-dlia-orhaniky.html> (дата звернення: 03.09.2025).
4. Машини для внесення органічних добрив. Сайт <https://alfatech.com.ua/>. Головна / Новини / Машини для внесення органічних добрив. 20.05.2025. URL: <https://alfatech.com.ua/news/mashyny-dlya-vnesennya-orhanichnykh-dobryv> (дата звернення: 10.09.2025).

УДК 631

Семітко Р.О., магістрант; Саржанов Б.О. PhD, доцент. Харченко Ф.М., к.т.н., доцент; Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Сипучі матеріали відіграють важливу роль у численних технологічних процесах сільськогосподарського виробництва. До цієї категорії належать основні види продукції рослинництва, такі як зерно, коренеплоди, кормові культури, плодові та ягідні культури, різноманітні тверді мінеральні й органічні добрива, а також окремі типи ґрунтів.

Ці матеріали мають специфічні властивості, які забезпечують можливість механізації їх транспортування та зберігання за відносно невеликих витрат. Це суттєво відрізняє сипучі матеріали від інших видів.

У галузі сільськогосподарського виробництва значна частина технологічних операцій стосується переміщення сипких матеріалів. Це включає транспортування вимолоченої зернової суміші за допомогою робочих органів комбайнів, перевезення подрібненої рослинної маси (силосу), внесення мінеральних і органічних добрив у ґрунт, виконання транспортно-навантажувальних операцій тощо.

Тому під час проектування технологічних процесів і розробки робочих органів відповідних машин необхідно враховувати основні закономірності фізико-механічних і технологічних властивостей сипких матеріалів, а також методи їх визначення.

Складність процесів внутрішнього тертя в сипких матеріалах ускладнює можливість повного розуміння їх якісного аспекту та визначення кількісних залежностей, що характеризують цей процес. Водночас численні дослідження підтверджують вплив різних факторів. Зокрема, щільність укладання частинок і їх рухливість, яка безпосередньо залежить від цієї щільності, суттєво впливають на величину коефіцієнта внутрішнього тертя. Цей коефіцієнт може змінюватися в межах від мінімального значення — коли частинки мають найбільшу рухливість, до максимального значення — коли сипкий матеріал досягає стану, в якому рухливість частинок практично відсутня. Вплив вологості на коефіцієнт внутрішнього тертя має неоднозначний характер і залежить від конкретних умов взаємодії в матеріалі.

У процесі дослідження фізико-механічних властивостей типових стандартних і нових видів мінеральних добрив, зокрема їхнього фракційного складу, встановлено значну неоднорідність складу часточок як у стандартних, так і в більшості нових видів мінеральних добрив.

Для визначення властивостей сипких матеріалів використовуються безліч обладнання,

так на кафедрі агроінжинірингу інженерно-технологічного факультету Сумського НАУ під час вивчення дисципліни «Механіко-технологічні властивості с.г. матеріалів» використовуються прилади для визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя (рис. 1).



Рисунок 1. Прилади для визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя

Дані прилади визначають величину коефіцієнта тертя (зсуву) по різних поверхнях. Дослідження показали, що величина коефіцієнта зсуву (або коефіцієнта тертя) є мінливою і здебільшого залежить від нормального тиску сипкого матеріалу на обмежувальну поверхню. Це пояснюється тим, що під час зсуву сипкого матеріалу в прилеглих до обмежувальної поверхні зонах відбувається пошарова передача енергії пружних деформацій та імпульсу від зовнішніх шарів до внутрішніх.

За умов невеликих зсувних зусиль, які не здатні подолати сили опору на контактах між частинками, сипкий матеріал переміщується уздовж обмежувальної поверхні в площині контакту цих частинок із поверхнею.

Динамічний коефіцієнт тертя визначають на приладі академіка В. А. Желіговського (рис. 1.). Прилад складається з креслярської дошки, лінійки та каретки. Колодка 1 лінійки 2 ковзає по краю креслярської дошки, а вільний кінець лінійки 2 спирається на полозок 3, підтримуючи цей кінець лінійки на деякій висоті над поверхнею креслярської дошки.

Для визначення статичного коефіцієнта тертя використовують прилад (рис. 1), який складається з горизонтальної плити 1, похилої площини 3, на якій закріплена досліджувана поверхня 4, та гвинта 2, поворотом якого змінюють кут нахилу площини 3. На закріплену поверхню вміщують досліджуваний матеріал 5.

Під час проведення досліджень визначались наступні показники:

- сила тертя;
- показники статичного та динамічного коефіцієнтів тертя;
- коефіцієнт варіації та кути тертя (при кожній досліджувальній повторності та в цілому середнє значення по досліджувальному зразку).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навч. посібник О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.М. Олійник; За редакцією С.С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 243 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник Д.Г. Войтюк, О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.М. Олійник; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 93 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник: О.М. Царенко, Д. Г. Войтюк та ін.; За редакцією С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.С. Головченко, О.М.Калнагуз, Ю.В. Сіренко; За редакцією С. С. Яцуна. – Суми.: СНАУ, 2011. – 143 с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : Курс лекцій. / К. М. Думекно, І. С. Павлюченко. –Миколаїв : МНАУ, 2014. – 39с.
6. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Г.А. Хайліс, А.Ю. Гербовий, М.М. Ковальов, С.Ф. Юхимчик. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. - 268с
7. Корчак, М. (2024). Особливості підготовки бакалаврів при викладанні дисципліни “Ме-

ханіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів”. International Science Journal of Education & Linguistics, 3(1), 7–14. <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20240301.02>. <https://isg-journal.com/isjel/article/download/610/339/620>

8. Корчак, М.М. (2021). Електронний навчальний курс з дисципліни «Механіка - технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів» для здобувачів 1 курсу першого(бакалаврського) Рівня вищої освіти інженерно-технічного факультету спеціальності 208«Агроінженерія». Кам'янець -Подільський: ПДАТУ. <http://pdatu.net.ua/course/view.php?id=2342>
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. — К.: Мета, 2003. — 448 с.: іл. ISBN 966-7947-06-8 [Електронний ресурс] — Режим доступу до ресурсу: https://lib.dsau.dp.ua/pub/mexaniko_tehnologichni_vlastivosti_s_g_mat.pdf

УДК 631

Шановал В.О., магістрант; Горовий М.В., Калнагуз О.М., старший викладач; СНАУ, м. Суми, Україна

АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ

Соєа є однією з найважливіших технічних культур у світі, що посідає провідне місце серед джерел рослинної харчової олії, яку використовують як у харчовій промисловості, так і як сировину для виробництва високоякісного маргарину та лецитину. Крім того, соєва олія широко застосовується у миловарній, лакофарбовій та інших галузях промисловості. Тому аналіз сучасних операційних технологій вирощування сої є актуальним завданням, яке дозволяє підвищити продуктивність культури та забезпечити її сталий розвиток у сільськогосподарському виробництві України.

Соєа має велике значення для промисловості, адже з білкових сполук сої виготовляють пластмаси, клей та різноманітні технічні вироби. Її вирощують більш ніж у 40 країнах світу, на площі понад 50 млн. га., що зумовлено універсальністю використання сої як харчової, технічної та кормової культури та пояснюється унікальним поєднанням у її насінні органічних і мінеральних речовин.

Проте в Україні посівні площі сої є невеликими та становлять близько 75 тис. га. За умови дотримання правильної технології вирощування та своєчасного проведення всіх агротехнічних заходів урожайність сої може сягати 2,5 т/га і більше. При цьому, враховуючи середні витрати на 1 гектар у межах 4,1-4,3 тис. грн та ціну реалізації близько 3,5 тис. грн за тону, рівень рентабельності виробництва перевищує 100%, що робить вирощування сої економічно вигідним і перспективним напрямом для сільськогосподарських підприємств. Тому в перспективі планується розширити вирощування цієї культури, щоб досягти площі понад 500 тис. га. В Україні поширеними сортами сої є: Аметист, Бистриця 2, Ізумрудна, Київська 91, Київська 27, Іванка, Медея, Пальміра, Сонячна, Хаджибей, Вустя та інші.

За хімічним складом соєві боби надзвичайно цінні, адже вони містять у середньому 39 % білків (у межах 33-52 %), 20 % напіввисихаючої олії (14-25 %), близько 24 % вуглеводів, 5 % зольних елементів, зокрема калій, фосфор і кальцій. Крім того, у їхньому складі є ферменти, вітаміни (А, В, С, D, Е) та інші важливі органічні й неорганічні сполуки, необхідні для людини та тварин. Підготовка ґрунту під посів сої має важливе значення, адже від неї залежить розвиток рослин і майбутня врожайність. Основна мета обробітку полягає у забезпеченні пухкої структури, доброї аерації та збереженні вологи.

Соєа висівається зазвичай наприкінці квітня або на початку травня, коли температура ґрунту досягає 10-15 °С. При нижчих показниках насіння може загинути або не прорости. Спочатку висівають пізньостиглі сорти, потім середньо- та ранньостиглі. У роки з ранньою весною посів здійснюють раніше, одразу після досягнення оптимальної температури ґрунту. Надто ранній посів у холодний ґрунт призводить до затримки сходів, зниження польової

схожості, підвищеної уразливості до шкідників і хвороб та, як наслідок, зменшення врожайності. Ранньою весною проводять боронування важкими або середніми боронами упоперек оранки, щоб розпушити поверхню й зберегти вологу. Якщо поле засмічене або нерівне, додатково здійснюють культивування на глибину 6–8 см із наступним прикочуванням, що сприяє підвищенню температури ґрунту і стимулює проростання бур'янів перед їх знищенням. Безпосередньо перед сівбою проводять культивування на глибину 4–5 см для створення оптимальної структури ґрунту з об'ємною масою 1,1–1,2 г/см³. Якщо цей показник перевищено, ріст кореневої системи у глибину сповільнюється, а замість цього активізується її бічне розгалуження. У такому разі, під час навіть короткочасної посухи, поверхнево розташовані корені не зможуть отримувати достатню кількість вологи. Крім того, надмірне ущільнення ґрунту погіршує його аерацію, що негативно впливає на розвиток бульбочкових бактерій, які забезпечують фіксацію азоту й живлення рослини. Крім того, поверхня поля має бути добре вирівняна й очищена від каміння, оскільки соя формує боби глибоко, що вимагає низького зрізу під час збирання врожаю.

Під час посівів сої застосовують повні або складні мінеральні добрива, такі як нітрофоска, амофосфат чи нітроамофоска, які є екологічно безпечними та економічно доцільними, оскільки забезпечують рослини необхідними поживними речовинами для активного росту і формування врожаю. Добрива у гранульованій формі вносять на глибину 5–12 см для зернових культур і до 20 см для просапних. Для висіву використовують сівалки прямої сівби, які забезпечують рівномірне загортання насіння та добрив у ґрунт.

Дослідження Л.С. Квасніцька та О.С. Власюк показали, що використання екологічно безпечних препаратів на посівах сої за різних рівнів живлення сприяє значному підвищенню економічної та енергетичної ефективності виробництва. Зокрема, умовно чистий прибуток із гектара зростає на 8–92%, рівень рентабельності – на 7–59%, а коефіцієнт енергетичної ефективності підвищується на 4–42%, що свідчить про доцільність упровадження екологічно орієнтованих технологій у вирощуванні сої.

Для збору сої використовуються сучасні універсальні зернозбиральні комбайни таких популярних марок, як JohnDeere, Claas, New Holland CR7.90, Case IH, MasseyFerguson та Fendt, які випускаються в різних лінійках і моделях та відрізняються потужністю, обсягом бункера та шириною захвату жатки, що дозволяє підібрати техніку відповідно до потреб господарства та площі посівів сої. Збирання сої комбайнами здійснюють методом прямого молотіння у фазі повної стиглості, коли листя повністю опало, а боби висохли та насіння стало твердим. Оптимальна вологість насіння під час збирання становить 12–14%. У випадку запізнення з проведенням робіт, боби можуть розтріскуватися, що призведе до втрати врожаю, а вологість насіння знову підвищується, ускладнюючи його подальше зберігання.

Отже, ефективне вирощування сої передбачає комплексний підхід до виконання всіх технологічних операцій від якісного обробітку ґрунту й внесення добрив до своєчасного збирання врожаю. Дотримання агротехнічних вимог забезпечує оптимальні умови для росту рослин, розвиток кореневої системи та підвищення врожайності. Використання екологічно безпечних препаратів і сучасної техніки дозволяє не лише збільшити прибутковість і рентабельність виробництва, а й мінімізувати негативний вплив на довкілля. Тому з огляду на високу економічну ефективність та універсальність використання, соя має передумови для розширення посівних площ в Україні й зміцнення позицій серед провідних аграрних культур світового значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Вовк Д. Е. Удосконалення технології вирощування сої з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи ґрунтообробної машини : пояснювальна записка до дипломної роботи ОС «Магістр»: 208, Агроінженерія / Вовк Денис Едуардович ; наук. Керівник Кобець А.С.; Дніпровський держ. аграр.-економ. ун-т, Інженерно-технологічний ф-т, Каф. тракторів і сільськогосподарських машин. Дніпро, 2023. 69 с.
2. Квасніцька Л.С., Власюк О.С. Економічна та енергетична доцільність екологічно безпеч-

них елементів технології вирощування сої. *Аграрні інновації*, 2022. № 13.С. 66-71.

3. Підготовка поля до сівби сої — потрібен ідеальний стан. URL:<https://superagronom.com/articles/529-pidgotovka-polya-do-sivbi-soyi--potriben-idealniy-stand> (дата звернення: 07.10.2025).
4. Черняков Д.С. Удосконалення технології вирощування сої з обґрунтуванням параметрів сівалки : дипломна робота освітнього ступеня «Магістр» : 208, Агроінженерія / Дмитро Сергійович Черняков ; наук. кер. Анатолій Степанович Кобець ; Дніпровський держ. аграр.-екон. ун-т. Інженерно-технологічний ф-т, Каф. тракторів і сільськогосподарських машин. – Дніпро, 2024. – 65 с.
5. Щоденник тракториста: John Deere S680i vs New Holland CR7.90 на збиранні сої. URL:<https://lnk.ua/qr/QV0kQJ9eg>(дата звернення: 07.10.2025).
6. Як правильно підготувати насіння сої для посіву. URL:<https://bionorma.ua/articles/yak-pravilno-pidgotuvati-nasinnya-soyi-dlya-posivu/?srsId=AfmBOoqt2j8CLO4h4hnwSB7O12vOeUZFRcraDxyULU9p2ShB9WGIKt79>(дата звернення: 07.10.2025).

УДК 631.

Нестеренко Д.В., магістрант, Саржанов Б.О. PhD, доцент. Харченко Ф.М., к.т.н., доцент; Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РУХ АГРЕГАТІВ

На даний час в епоху використання новітніх технологій водіння сільськогосподарської техніки можливо мінімізувати такі елементи як перекриття та пропуски під час руху машинно-тракторного агрегату по полю.

Так використовуючи курсовказівник на енергетичний засіб (трактор, комбайн чи навіть оприскувач) маємо можливість вести його по необхідним лініям по полю. Так при внесенні добрив така система дозволяє зменшити норма внесення ЗЗР в одну й ту саму точку унеможливує повторне внесення. Немало важливе значення використання такого забезпечення під час виконання технологічної операції: міжрядний обробіток. Використання системи паралельного водіння унеможливує травмування рослини в міжрядді (рис. 1).



Рисунок 1. Схема руху МТА по полю без системи точного землеробства

Використання такої системи на посівних машинно-тракторних агрегатах дозволяє виконати ідеальні відстані між рослинами в міжрядді та чітко дотримуватись норми посіву.

Підтверджено на практиці що використання елементів точного землеробства під час догляду за рослинами зменшити пошкодження під час виконання відповідної технологічної операції.

Кінцеві плюси від застосування курсовказівника — зниження витрат на матеріали і паливе, а крім того — збереження часу на виготовлення і встановлення польових маркерів [1].

Системи супутникової навігації дають змогу здійснювати рух як прямолінійним, так і криволінійним маршрутом. Основною функцією навігатора для трактора є мінімізація перекриттів та пропусків між сусідніми рядками, забезпечуючи ефективність без значних витрат на додаткове обладнання чи складні процеси, такі як установка розмітки або часта заміна піни маркера. При цьому паралельне водіння може виконуватися як по прямим траєкторіям,

так і по довільно заданим криволінійним маршрутам [2].



Рисунок 2. Системи паралельного водіння.

Системи паралельного водіння і автопілотування допомагають точно дотримуватися відстані між проходами машин при виконанні польових робіт (рис. 2). При їх використанні технологічні операції виконуються з мінімальними перекриттями, економляться робоче і машинний час, паливно-мастильні матеріали, насіння, добрива та засоби захисту рослин.

Система паралельного водіння є найбільш наочною і швидко окупаємою частиною технології точного землеробства, призначена для проведення польових робіт і найбільш ефективна в умовах застосування з широкозахватної технікою.

Для автоматичного прополювання існує культиватор Hatzembichler SKM. Даний культиватор дозволяє виконання технологічної операції зі швидкістю 12 км/год; працювати влюбий час доби, навіть вночі. Обладнання культиватора Hatzembichler SKM розпізнає ряди рослин перед агрегатом за допомогою відеокамери з широким кутом захоплення. Отримане зображення обробляється комп'ютером і накладається на графічну сітку, яка вказує на точну відстань міжрядь. Зіставлення отриманої інформації дозволяє розміщувати секції просапного культиватора в центр міжряддя за допомогою гідравлічного блоку зсуву. Диски на підшипникової опорі забезпечують прекрасний захист культури на ранніх стадіях від присипання ґрунтом [4].

Для зменшення використання ЗЗР під час вирощування сільськогосподарських культур брендом Lemken випущена автоматична просапна машина Steketee, яка призначена для механічної боротьби з бур'янами в міжряддях просапних культур. Система керування Steketee IC-Light забезпечує точне, просте, економічне й ефективне керування різними машинами під час обробки просапних культур [5].

Штучний інтелект машини Steketee дозволяє камері запам'ятовувати культурні рослини розміром від 3 см. Відповідно, лапи та ножі конструкції повністю зачищають міжряддя від бур'янів, не чіпаючи кукурудзу чи соняшник, котрі до того ж захищені спеціальними щитками [6].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.

1. Несмачна М. Огляд систем паралельного водіння сільгосптехніки. Сайт <https://traktorist.ua/> Біржа сільгосптехніки. Головна / Статті /. 06.05.2021. URL: <https://traktorist.ua/articles/oglyad-sistem-paralelnogo-vodinnya-silgosptehniki> (дата звернення: 14.08.2025).
2. Компанія "агрометр" - Виробник Систем Заміру Та Обліку Площі Полів "агрометр" І Систем Паралельного Водіння "агротрек". Система паралельного водіння - курсовказівник, GPS навігатор для трактора. Сайт <https://www.agrometer.com.ua/>. Головна / Паралельне водіння. URL: <https://www.agrometer.com.ua/ua/parallelnoe-vozhdenie/> (дата звернення: 29.09.2025).
3. Рештаков, О. С. Системи паралельного і автоматичного водіння / О. С.Рештаков, О. Є.Тесленко // Перспективні напрямки розвитку сучасних інформаційних систем та технологій: зб. тез доп. всеукр. наук.-практ. студ. конференції, 18 квіт. 2018р., м. Кропивницький. - Кропивницький: ЦНТУ, 2018. - С. 6-8..

<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/0cce5a37-00cb-48f4-bfc5-11cd23221010/content>

4. Коваленко А. Просапний культиватор Hatzenbichler SKM не пошкоджує сходи навіть уночі. Сайт AgroTimes.ua. Журнал “The Ukrainian Farmer”. Головна / Техніка /. 14.07.2021. URL: <https://agrotimes.ua/tehnika/prosapnyj-kultyvator-hatzenbichler-skm-ne-poshkodzhuye-shody-navit-unochi/> (дата звернення: 04.09.2025).
5. Культиватор IC Weeder. Сайт <https://www.claas.com>. Головна / Сільгосптехніка / Steketee / Інформація про Steketee / Просапна техніка / Культиватор IC Weeder. URL: https://ats.in.ua/storage/tb-products_tree.files/2022/08/18/1660806778_ic-weeder-ua.pdf (дата звернення: 10.09.2025).
6. Steketee EC-Weeder 9 V: універсал із штучним інтелектом / О. Скринчук та ін. «Агроном» - журнал про сучасне вирощування сільськогосподарських культур. Сайт <https://www.agronom.com.ua/>. Головна / Публікації / Агротехніка. 14.05.2022. URL: <https://www.agronom.com.ua/steketee-ec-weeder-9-v-universal-iz-shtuchnym-intelektom/> (дата звернення: 11.09.2025).

Кошевой В. О., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Подлесний А. В., Жаден М. Ю., СНАУ, м. Суми, Україна

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ РИНКОВОГО НАГЛЯДУ У СФЕРІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Ринковий нагляд за транспортними засобами, включно зі сільськогосподарськими і лісогосподарськими машинами, є важливим інструментом забезпечення безпеки, екологічних стандартів і технічної відповідності продукції, що потрапляє на внутрішній ринок. Для агропідприємств, які експлуатують великі парки техніки, питання контролю якості, сертифікації типів і введення в обіг мають прямий вплив на безпеку праці, експлуатаційні витрати та конкурентоспроможність [1].

У січні 2024 року Кабінет Міністрів України ухвалив Технічний регламент затвердження типу сільськогосподарських і лісогосподарських транспортних засобів (Постанова №28), який встановлює вимоги до процедури оцінки відповідності та введення в обіг цих транспортних засобів [2]. Документ гармонізує українське законодавство з європейським, забезпечуючи поступову інтеграцію у спільний ринок ЄС.

Сучасні умови функціонування сільськогосподарських підприємств в Україні характеризуються складними викликами. Військові дії та руйнування інфраструктури ускладнюють логістику постачання техніки й комплектуючих, а також можливість проходження процедур сертифікації [3]. У таких умовах роль органів ринкового нагляду зростає, оскільки саме вони забезпечують дотримання мінімальних вимог безпеки, навіть за обмежених ресурсів.

Залежність аграрного сектору від імпортої техніки створює додаткові проблеми. Часто імпортовані машини виготовлені за іншими технічними стандартами, що вимагає адаптації до національного законодавства та правильного оформлення введення в обіг [4]. Водночас модернізація українських підприємств вимагає швидкого оновлення техніки, але жорсткі вимоги до підтвердження відповідності можуть збільшувати витрати або затримувати процеси закупівель.

Серед практичних проблем, що спостерігаються у сфері ринкового нагляду, – адміністративні затримки при випробуваннях, відсутність доступу до сертифікаційних центрів у деяких регіонах і потреба у посиленому контролі за ввезенням техніки [5]. Це створює ризики як для держави, так і для підприємств.

Попри труднощі, реформування системи ринкового нагляду створює можливості для підвищення якості техніки, розвитку вітчизняного виробництва та покращення доступу українських компаній до європейських ринків. Гармонізація законодавства з нормами ЄС сприятиме посиленню безпеки праці, енергоефективності та екологічної відповідальності аграрно-

го виробництва [6].

Для підвищення ефективності ринкового нагляду доцільно передбачити мобільні інспекційні групи у регіонах з ускладненим доступом, спростити процедури підтвердження відповідності в умовах відновлення інфраструктури та забезпечити цифровізацію документообігу [7]. Сільськогосподарські підприємства, у свою чергу, повинні впроваджувати політику планового технічного аудиту, вести належну документацію та співпрацювати з акредитованими органами оцінки відповідності.

Отже, тема ринкового нагляду щодо введених в обіг сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів є надзвичайно актуальною для сучасної України. Вона поєднує аспекти технічної безпеки, євроінтеграції, економічної стійкості та державного регулювання, які визначатимуть подальший розвиток аграрного сектору у найближчі роки [8].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Про ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції: Закон України від 02.12.2010 № 2735-VI.
2. Технічний регламент затвердження типу сільськогосподарських і лісгосподарських транспортних засобів: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.2024 № 28.
3. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Огляд стану аграрного сектору у воєнний період. – Київ, 2023.
4. European Commission. Regulation (EU) 2018/858 on the approval and market surveillance of motor vehicles and their trailers. – Brussels, 2018.
5. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. Звіт про діяльність у сфері ринкового нагляду за 2023 рік. – Київ, 2024.
6. European Parliament. Machinery Regulation (EU) 2023/1230. – Official Journal of the European Union, 2023.
7. Міністерство економіки України. Концепція розвитку системи технічного регулювання до 2030 року. – Київ, 2023.
8. OECD. Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2024. – Paris: OECD Publishing, 2024.

Ніколаєнко О. С., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Подлесний А. В., Сергієнко А. В., СНАУ, м. Суми, Україна

НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ВАЛЬЦІВ КОЧЕННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Вальці кочення є ключовими елементами багатьох машин аграрного призначення, зокрема ґрунтообробних та посівних агрегатів. Технічні характеристики вальців, такі як жорсткість, міцність та геометрична точність, безпосередньо впливають на якість обробітку ґрунту та ефективність роботи техніки [1].

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення продуктивності та довговічності агрегатів, оптимізації конструктивних параметрів вальців та зменшення енерговитрат під час роботи машин. Традиційні методи розрахунку часто не враховують реальні умови експлуатації та фізико-механічні властивості ґрунтів, що знижує точність прогнозування та ефективність техніки [2].

Теоретичні передумови та принципи розрахунку

Класичний підхід до розрахунку вальців ґрунту базується на визначенні напружень, деформацій і контактного тиску на ґрунт. Формули враховують момент інерції, жорсткість валка та опір ковзання [3].

Для удосконалення методики пропонується враховувати:

1. Нерівномірність опору ґрунту за глибиною обробітку;
2. Вплив вологості та щільності ґрунту на контактні характеристики;
3. Динамічні коливання валків під час руху агрегату по нерівному полі;

4. Знос матеріалу та його вплив на довговічність вальців [4].

Аналітичний підхід до удосконалення

Пропонована багатофакторна модель враховує фізико-механічні властивості ґрунту, геометричні параметри валка та динаміку агрегату. Такий підхід дозволяє [5]:

- точніше прогнозувати контактні тиски;
- оптимізувати розміри та матеріал вальців;
- зменшити енерговитрати та знос;
- підвищити якість обробітку ґрунту.

Етапи моделі:

1. Визначення фізико-механічних властивостей ґрунту;
2. Розрахунок контактного тиску на основі геометрії та жорсткості вальців;
3. Корекція розрахункових параметрів з урахуванням динамічних ефектів і зносу;
4. Аналітичне порівняння з традиційними методами для визначення ефективності.

Практичне значення

Удосконалений метод дозволяє конструкторам аграрної техніки:

- оптимізувати параметри вальців;
- підвищити ефективність обробітку ґрунту;
- збільшити строк служби агрегатів;
- зменшити енергозатрати та операційні витрати.

Такий підхід відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження та Сталого розвитку [7].

Таким чином, удосконалення методів розрахунку технічних характеристик вальців кочення підвищує продуктивність та надійність аграрних машин. Багатофакторна модель дозволяє точніше визначати контактні параметри та враховувати реальні умови експлуатації. Запропонований підхід сприяє оптимізації конструкції, економії енергоресурсів та збільшенню терміну служби машин.

Отже, розробка та впровадження удосконаленого методу розрахунку технічних характеристик вальців кочення є перспективним напрямом розвитку аграрного машинобудування.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Іваненко В. П., Петренко О. М. Теоретичні основи проектування валків кочення в аграрній техніці. – Київ: Аграрна наука, 2022. – 184 с.
2. ДСТУ 7368:2013. Машини сільськогосподарські. Методи визначення ефективності роботи валків. – Київ, 2014.
3. Ковальчук С. І., Литвиненко А. О. Розрахунок контактних напружень у вальцях кочення. // Вісник аграрної науки. – 2023. – № 6. – С. 45–53.
4. Грек І. В. Фізико-механічні властивості ґрунтів та їх вплив на механіку валків. // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2023. – № 3. – С. 22–30.
5. OECD. Agricultural machinery performance indicators. – Paris: OECD Publishing, 2023.
6. FAO. Mechanization in agriculture: efficiency and sustainability. – Rome: FAO, 2022.
7. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. Strategy for sustainable agricultural machinery development. – Kyiv, 2023.

Сергієнко А. В., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Новіков І. А., Ніколаєнко О. С., СНАУ, м. Суми, Україна

НАУКОВО-АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНІКИ

Сучасний розвиток аграрного машинобудування супроводжується підвищеними вимогами до надійності та довговічності конструктивних елементів технічних систем. Одними з ключових компонентів, що визначають експлуатаційну стабільність машин, є пружні елементи.

нти — ресори, пружини, амортизатори, пружні муфти, демпфери та інші деталі, які забезпечують адаптацію техніки до динамічних навантажень. Надійність цих елементів безпосередньо впливає на ефективність функціонування сільськогосподарських машин, зниження вібрацій, збереження конструкційної цілісності й економію експлуатаційних ресурсів [1].

В умовах інтенсифікації аграрного виробництва та переходу до високопродуктивної техніки актуальним є питання удосконалення методів оцінювання та обчислення показників надійності пружних елементів, що працюють в умовах змінних навантажень і агресивного середовища [2].

Вагомість дослідження зумовлена тим, що більшість механічних пошкоджень агротехнічних систем виникає через втрату працездатності пружних елементів. Традиційні методи оцінювання надійності, базовані на статистичних моделях та випробуваннях на витривалість, не завжди враховують реальні експлуатаційні умови. Під дією змінних навантажень, вібрацій, температурних коливань і корозійних процесів фізико-механічні властивості матеріалів суттєво змінюються, що призводить до похибок у прогнозуванні ресурсу [3].

Актуальність проблеми також визначається необхідністю підвищення енергоефективності агротехніки шляхом оптимізації конструкції деталей. Тому вдосконалення методів обчислення показників надійності є ключовим напрямом забезпечення сталості роботи машинно-тракторних агрегатів у сучасних умовах господарювання [4].

Наукове обґрунтування надійності ґрунтується на теорії ймовірностей і механіці руйнування. Основними показниками надійності виступають середній напрацювання до відмови, інтенсивність відмов, коефіцієнт запасу міцності та ймовірність безвідмовної роботи. Для пружних елементів агротехніки характерною є залежність цих параметрів від динамічних напружень, частоти коливань, модуля пружності матеріалу та геометричних характеристик конструкції [5].

Сучасні методи розрахунку надійності базуються на використанні експериментальних даних, методів кінцевих елементів (МКЕ) та комп'ютерного моделювання. Поєднання цих підходів дозволяє визначити критичні точки концентрації напружень і оцінити довговічність деталей при різних умовах навантаження.

Удосконалення методів полягає у впровадженні комплексного підходу, який поєднує аналітичне моделювання, числові розрахунки та машинне прогнозування.

Пропонується використання гнучкої моделі параметричного оцінювання, де надійність визначається як функція трьох основних змінних:

σ – амплітуда змінного напруження;

E – модуль пружності матеріалу;

T – експлуатаційний час.

Модель дозволяє враховувати деградаційні процеси матеріалу через експоненційні функції зниження міцності при циклічних навантаженнях. Удосконалення також полягає у введенні коефіцієнтів корекції, що відображають вплив температури, вологості та агресивності середовища на характеристики пружного елемента [6].

Застосування методу кінцевих елементів у середовищі ANSYS або SolidWorks Simulation забезпечує можливість візуалізації зон локального перевантаження, що дозволяє вчасно коригувати геометрію або змінювати матеріал. Також перспективним є використання нейромережових алгоритмів, здатних прогнозувати ресурс пружних елементів на основі історичних даних експлуатації [7].

Запропоноване удосконалення методів обчислення показників надійності може бути застосоване при конструюванні деталей ходових систем тракторів, ґрунтообробної техніки, причіпних і навісних агрегатів.

Впровадження такого підходу дозволяє:

- зменшити кількість відмов на 10–15%;
- підвищити ефективність експлуатації машин;
- знизити витрати на технічне обслуговування;
- забезпечити стабільність технологічних процесів у рослинництві.

Таким чином, вдосконалені методи обчислення сприяють підвищенню конкурентоспроможності аграрного машинобудування України в умовах інтеграції до європейського науково-технічного простору [8].

За результатами науково-аналітичного дослідження методів обчислення показників надійності пружних елементів агротехніки було встановлено:

1. Надійність пружних елементів є одним з головних чинників безперебійної роботи агротехніки.
2. Традиційні методи розрахунку не повною мірою враховують реальні умови експлуатації.
3. Удосконалення методів обчислення базується на інтеграції аналітичних, числових і інтелектуальних підходів.
4. Комплекс оцінювання повинно дозволити підвищити точність прогнозу довговічності деталей та оптимізувати процес конструювання.
5. Практичне впровадження результатів забезпечить зниження витрат та підвищення ефективності аграрного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бобрицький В. І. Механіка сільськогосподарських машин. — К.: Ліра-К, 2020. — 416 с.
2. Соловей І. П. Теорія надійності машин: навч. посіб. — Харків: ХНТУСГ, 2019. — 328 с.
3. ГОСТ 27.002–2015. Надійність техніки. Основні поняття. Терміни та визначення.
4. Petrov, D., & Ivanov, V. Reliability Analysis of Elastic Components in Agricultural Machinery. *Engineering Science Journal*, 2021, Vol. 15(3), pp. 145–158.
5. Zhao, L., & Wang, H. Fatigue Behavior of Elastic Elements in Heavy-Duty Machines. Journal of Mechanical Design, 2020, 142(10).
6. Kravchenko, O. Adaptive Methods for Reliability Evaluation of Agricultural Mechanisms. Agricultural Engineering Research, 2022, 18(2), 65–74.
7. Gupta, R., & Chatterjee, S. Application of Neural Networks for Reliability Prediction in Mechanical Systems. *International Journal of Mechanical Sciences*, 2023, 245(5), 112–123.
8. Singh, P., & Kumar, R. Reliability Optimization of Spring-Based Systems in Agricultural Equipment. *Biosystems Engineering*, 2021, 204, 1–9.

Ширяєв Д. О., Івченко О. В., Куліков О. А., Андрусак В. О., Ратушний О. В., СНАУ, м. Суми, Україна

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ ВИСОКОШВИДКІСНИХ КОНТРОТОРНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ

Сучасне машинобудування, зокрема насособудування, переживає етап глибокої модернізації, спрямованої на підвищення енергоефективності та зменшення масогабаритних показників обладнання. Одним із найбільш перспективних шляхів досягнення цих цілей є створення високошвидкісних контрроторних відцентрових насосів, здатних забезпечувати значну питому потужність за рахунок інтенсифікації процесів енергообміну [1].

Такі насоси мають потенціал забезпечити суттєве скорочення розмірів агрегатів при збереженні або навіть підвищенні гідравлічних характеристик. Проте складність їхньої конструкції, динамічної поведінки та взаємодії між обертовими системами потребує ґрунтовного наукового обґрунтування методів проєктування та розрахунку.

В умовах глобальної тенденції до енергозбереження актуальним є створення насосного обладнання з підвищеною питомою потужністю та зниженими втратами енергії. Збільшення частоти обертання роторів дозволяє досягти ті ж самі параметри подачі та напору при менших габаритах насоса [2]. Однак реалізація цього принципу супроводжується низкою технічних обмежень: підвищенням вібрацій, ризиком кавітації, збільшенням об'ємних втрат і нава-

нтаженням на елементи конструкції.

Використання контрроторної схеми дає змогу інтенсифікувати енергетичний обмін завдяки взаємній закрутці потоку двома колесами, що обертаються у протилежних напрямках. Цей принцип ефективно реалізований в авіаційній, суднобудівній та енергетичній техніці [3]. Проте в насособудуванні його застосування залишається обмеженим через складність реалізації співвісних валів, планетарних редукторів та міжступеневих ущільнень [4].

Таким чином, виникає науково-технічна проблема – відсутність обґрунтованої методології для проєктування та аналізу динамічних властивостей високошвидкісних контрроторних відцентрових насосів, що працюють у форсованих режимах.

Динаміка роторних систем відцентрових насосів описується нелінійними рівняннями руху, де основними змінними є кутова швидкість, радіальні переміщення та гідродинамічні сили, що діють на лопатеві колеса. Для контрроторної схеми ці рівняння ускладнюються через взаємодію зустрічних потоків і змінне поле тиску між колесами [5].

Основними факторами, що визначають надійність і ефективність роботи таких систем, є:

- кавітаційна стійкість, що залежить від швидкості обертання та геометрії лопатей;
- динамічна стабільність ротора, яка визначає безпечні діапазони частот;
- навантаження на підшипникові вузли та ущільнення, які зростають при високих обертах;
- аерогідродинамічний шум, що обмежує максимальні швидкості обертання [6].

Метою дослідження є розроблення наукових основ і практичних рекомендацій щодо створення нового покоління компактних та енергоефективних відцентрових насосів з контрроторними ступенями, здатних працювати у високошвидкісних режимах.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати кавітаційні характеристики насосів і визначити запас стійкості до кавітації на різних швидкісних режимах.
2. Розробити CFD-модель для дослідження гідродинамічних процесів у проточній частині.
3. Провести модальний та динамічний аналіз ротора для прогнозування критичних частот обертання.
4. Оцінити напружено-деформований стан конструктивних елементів при комбінованих навантаженнях.
5. Визначити оптимальні параметри контрроторної системи для забезпечення мінімальних втрат енергії [7].

Розв'язання проблеми передбачає комплексне моделювання гідродинаміки та динаміки ротора.

На першому етапі проводиться чисельне моделювання потоку рідини методом об'ємів кінцевих елементів у середовищі ANSYS Fluent для визначення силових характеристик, що діють на робочі колеса.

На другому – здійснюється динамічний розрахунок системи «ротор–підшипники–ущільнення» у середовищі ANSYS Mechanical або SolidWorks Simulation, що дозволяє визначити критичні частоти, зони резонансу та вібраційні моди [8].

Паралельно виконується оцінка напружено-деформованого стану валів і підшипників із використанням теорії втоми. Удосконалення методології полягає в інтеграції цих результатів у єдину багатофакторну модель, яка прогнозує поведінку системи при зміні швидкісних параметрів.

Реалізація запропонованої методики дозволить:

- скоротити масогабаритні показники насосів на 20–25 %;
- підвищити ККД до 85–90 % за рахунок зменшення втрат у проточній частині;
- знизити рівень вібрацій на 15–20 %;
- забезпечити стабільність роботи на розширеному діапазоні частот обертання.

Розроблена методологія стане основою для створення нового покоління енергоефективних контрроторних відцентрових насосів, придатних для застосування в агропромисловому комплексі, енергетиці та промисловому водопостачанні [9].

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Контрроторна схема має значний потенціал для підвищення питомої потужності відцентрових насосів.
2. Відсутність комплексної методології розрахунку є головним бар'єром до практичного впровадження.
3. Розроблена удосконалена методика динамічного аналізу дозволяє враховувати взаємодію гідродинамічних та вібраційних процесів.
4. Отримані результати створюють наукове підґрунтя для проєктування компактних і високоефективних насосів нового покоління.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Куліков О.А., Ратушний О.В. Контрроторні системи у насособудуванні: теорія та експеримент. — К.: НТУУ «КПІ», 2020.
2. ГОСТ 28352–2014. Насоси відцентрові. Терміни та визначення.
3. Kim, Y., & Lee, H. Counter-Rotating Turbomachinery: Performance and Design Principles. *Journal of Fluids Engineering*, 2022, 144(2).
4. Zhang, L., & Xu, J. Compact Design of High-Speed Centrifugal Pumps. *Applied Mechanics and Materials*, 2021, 896, 55–62.
5. Попов В.І. Динаміка роторних систем: навч. посіб. — Харків: ХНТУСГ, 2018. — 320 с.
6. Singh, P., & Kumar, R. Numerical Simulation of Cavitation in Centrifugal Pumps. *Energy Conversion and Management*, 2023, 284, 116943.
7. Глушко І.П. CFD-моделювання гідродинамічних процесів у проточних частинах насосів. — К.: Техніка, 2019. — 214 с.
8. Ivanov, V., & Petrov, D. Dynamic Modeling of Counter-Rotating Pump Rotors. Mechanical Systems and Signal Processing, 2022, 178, 109212.
9. Zhao, L., & Wang, H. Structural Optimization of High-Speed Rotors. Journal of Mechanical Design, 2021, 143(9).

УДК 631

Барабаш Г.І., к.т.н., доцент, СНАУ, м. Суми, Україна

ПЛАНУВАННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ В СИСТЕМІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОСЛИННИЦТВА

Ефективність виробництва продукції рослинництва значною мірою визначається якістю планування та організації технологічних процесів. В умовах сучасного агропромислового виробництва важливо не лише забезпечити виконання операцій у відповідні агротехнічні строки, але й оптимізувати використання матеріально-технічних ресурсів, мінімізувати витрати та підвищити продуктивність машинно-тракторних агрегатів.

Технологічний процес у рослинництві - це сукупність послідовних операцій, які спрямовані на отримання високоякісної продукції при раціональному використанні природних та технічних ресурсів. До них належать: обробіток ґрунту, сівба, догляд за посівами, внесення добрив, захист рослин, збирання врожаю, транспортування та зберігання.

Планування технологічних операцій передбачає:

- визначення обсягів робіт відповідно до площі посівів і запланованої врожайності;
- розрахунок необхідної кількості технічних засобів (тракторів, комбайнів, агрегатів);
- складання календарних планів-графіків виконання операцій із урахуванням агротехнічних строків;
- оптимізацію використання трудових ресурсів;
- оцінку потреб у матеріалах (насіння, добрива, ЗЗР, паливно-мастильні матеріали).

Наприклад, для сівби озимих культур планування включає розрахунок продуктивності сівалки, визначення кількості агрегатів для обробки всієї площі у стислі строки, складання

графіку виходу техніки на поле.

Організація виконання технологічних операцій

Організація - це процес забезпечення ефективного виконання запланованих робіт шляхом узгодження технічних, матеріальних і трудових ресурсів. Основні завдання:

- логістика ресурсів (паливо, насіння, добрива мають бути вчасно доставлені на місце роботи);
- технічна готовність машинно-тракторного парку;
- раціональне завантаження агрегатів з урахуванням їх продуктивності;
- оперативний контроль за якістю та своєчасністю виконання робіт;
- коригування планів у разі змін погодних умов або виробничої ситуації.

Оптимізація технологічних процесів

Оптимізація передбачає вибір найбільш раціонального варіанту організації робіт за критеріями:

- мінімізація витрат пального та часу;
- підвищення коефіцієнта змінного використання машин;
- зменшення простоїв і втрат продукції;
- дотримання агротехнічних строків.

Сучасні системи точного землеробства, GPS-навігація, паралельне водіння та дистанційний моніторинг дозволяють суттєво підвищити ефективність організації робіт.

Приклад системи планування та організації для збирання зернових культур:

1. Визначається площа та врожайність (наприклад, 500 га, урожайність 5 т/га).
2. Розраховується потреба в комбайнах (продуктивність одного - 15 га/день).
3. Складається графік роботи: $500 / (15 \times \text{кількість комбайнів})$ дорівнює кількості днів.
4. Планується забезпечення ПММ і транспорту для вивезення зерна.
5. Впроваджується оперативний контроль за втратами та якістю обмолоту.

Планування і організація виконання технологічних операцій у системі технологічних процесів рослинництва є основою стабільного та ефективного функціонування аграрного підприємства. Вони забезпечують дотримання строків робіт, зниження виробничих витрат і підвищення врожайності. Використання сучасних інформаційних технологій та систем точного землеробства відкриває нові можливості для оптимізації аграрних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Експлуатація машин і обладнання. Комплектування. Сервіс. Навчальний посібник. Частина 1 / В.М. Зубко, О.І. Анікеєв, М.Л. Шуляк, К.Г. Сировицький, Л.М. Батюк. СНАУ. 2025. - 319 с.
2. Науково-технічне обґрунтування технології поліпшення біопотенціалу сільськогосподарських культур: монографія / Харченко С.О., Панкова О.В., Харченко Ф.М., Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Соколік С.П. – Харків: ФОП Панов А.М., 2023. – 157 с.

УДК 631.3:633.854.78(477.52)

Баранов С.С., магістрант, Сумський НАУ, м. Суми, Україна

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПО ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ СОНЯШНИКА В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Соняшник є провідною культурою в аграрному секторі України, забезпечуючи до 40% світового експорту соняшникової олії та значну частку внутрішнього ринку. Прогнозоване виробництво насіння у 2025 році становить 12,8–15 млн тонн, що підкреслює економічну та продовольчу важливість культури. Ефективність вирощування залежить від рівня механізації, яка оптимізує витрати, зменшує втрати та підвищує врожайність на 15–25%, що є ключовим для конкурентоспроможності агробізнесу. У Сумській області, розташованій у зоні Лі-

состепу з помірно-континентальним кліматом (опаді 550–650 мм/рік, температури від -7°C взимку до $+20^{\circ}\text{C}$ влітку), соняшник є перспективною культурою завдяки родючим чорноземам. Проте кліматичні зміни (посухи, перезволоження) та воєнні фактори, такі як логістичні обмеження, ускладнюють вирощування. Площа посівів у регіоні зросла з 41,8 тис. га у 2000–2010 рр. до 196,3 тис. га у 2011–2021 рр., але у 2022 р. скоротилася на 31% через війну, відновившись до 5,2 млн га на національному рівні у 2023 р. На Сумщині частка продажів насіння знизилася з 3,39% у 2019–2020 рр. до 2,04% у 2023–2024 рр. через воєнні дії. Метою тези є аналіз теоретичних і практичних аспектів використання машинного забезпечення для догляду за посівами соняшника в Сумській області, демонструючи його ефективність та адаптацію до локальних умов.

Механізація вирощування соняшника базується на системному підході, інтегруючи техніку в біологічні та екологічні процеси для підвищення продуктивності. Теоретичні моделі передбачають використання спеціалізованих машин для точного висіву, обробітку ґрунту, удобрення та захисту, що зменшує втрати насіння на 8–12% та підвищує врожайність на 20–30%. У Сумській області обробіток ґрунту є ключовим: оранка на 20–22 см забезпечує врожайність 2,86 т/га (2022 р.), тоді як глибоке розпушування (35–40 см) має вищу енергоефективність (8,3 у 2022 р.), але знижує врожайність на 0,34–0,37 т/га. Технологія no-till зменшує ерозію, зберігаючи вологу, але потребує управління залишками для уникнення хвороб. Сильні сторони механізації – стандартизація та економія ресурсів, слабкі – ризик деградації ґрунту та викиди CO_2 .

Сівба використовує сівалки точного висіву (VESTA-8, John Deere, Horsch), які забезпечують щільність 50–60 тис. рослин/га, підвищуючи врожайність на 15–20%. GPS зменшує перевитрати насіння на 8–10%, але висока вартість техніки є обмеженням. На Сумщині оптимальна глибина сівби – 5–6 см на важких ґрунтах або 6–10 см у посуху. Удобрення здійснюється розкидачами (Amazona ZA-M), які вносять азот (100–150 кг/га), фосфор (60–80 кг/га) та калій (40–60 кг/га), підвищуючи врожайність на 10–15%. Захист посівів включає обприскувачі (John Deere R4045, ОП-2000), які зменшують втрати від бур'янів на 18–25% за технологією Clearfield® Plus (31,4% ринку у 2023–2024 рр.). Механічний догляд (боронування, культивування KRVN-4,2A) є екологічним, але трудомістким. Збирання комбайнами (CLAAS Lexion, New Holland CX) мінімізує втрати до 4–6% при вологості насіння 12–14%. Післязбиральна обробка включає сушарки (Mestag S 45/370 F), що знижують вологість до 8–10%, та сепаратори для очищення. Критичний аналіз показує, що з 2023 по 2025 рр. механізація змістилася до точного землеробства з використанням GPS та дронів, але воєнні фактори (втрати техніки на 50–60%) та кліматичні зміни обмежують прогрес. Порівняно з ЄС та США, де AI та дрони підвищують ефективність на 20–25%, Україна відстає через брак ресурсів. Прогалини: недостатня адаптація до вологості Сумщини та воєнних ризиків. Перспективи включають інтеграцію дронів для моніторингу шкідників, no-till для сталості та біометоди для зменшення екологічних ризиків.

Механізація вирощування соняшника в Сумській області підвищує врожайність та ефективність, але потребує адаптації до кліматичних і воєнних викликів. Інтеграція GPS, дронів та ресурсозберігаючих технологій є ключем до сталого розвитку аграрного сектору.

УДК 631.3.62-93

Близнюк А.О., магістрант, Мельник О.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ ЗМІННИХ НОРМ

Метою цього дослідження є здійснення всебічного аналізу наукових робіт, присвячених використанню автоматизованих систем контролю норми внесення добрив, а також вивчення впливу їх застосування на якісні показники процесу розподілу мінеральних добрив.

Сучасна концепція точного землеробства відкриває можливість для аграріїв керувати кожною ділянкою поля з набагато вищим рівнем деталізації, ніж це було можливо при тра-

диційному підході, коли вся площа оброблялася однаково. Дослідники й практики відзначають, що використання технологій точного землеробства забезпечує більш раціональне управління живленням культур, оскільки дозволяє вносити лише необхідну кількість речовин, що сприяє підвищенню ефективності агротехнологій та дає агрономічні, економічні й екологічні переваги у порівнянні з типовим методом суцільного внесення.

Реалізація принципів точного землеробства передбачає поділ поля на менші ділянки, які визначаються як зони управління.

Під час використання обладнання для внесення змінних норм (VRT) процес регулювання швидкості дозування стає більш складним і потребує від операторів нових знань, досвіду та навичок для ефективного застосування таких систем. Упровадження цих технологій часто ускладнюється браком доступних технічних джерел, методичних матеріалів і навчальних програм, що пояснюють процес збирання та інтерпретації даних, необхідних для точного управління агротехнологічними процесами.

Стандарт ASAE S351.2 «Процедура вимірювання рівномірності розподілу та калібрування гранульованих розсіювачів» (ASAE Standards, 2012) встановлює уніфікований порядок проведення випробувань, оцінювання продуктивності й документування результатів перевірки роботи розсіювальних машин. У документі наведено докладну методику визначення структури розподілу добрив за допомогою одновимірного ряду приймальних лотків. Цей стандарт чітко описує параметри випробувальної установки, конструкцію збірних пристроїв, порядок тестування, вимоги до ефективної ширини розсіювання, допустимі норми подачі матеріалу та інші необхідні протоколи [1].

Попри те, що чинний стандарт охоплює питання використання єдиної норми внесення (UR), він не враховує аспекти, пов'язані з перевіркою функціонування обладнання з технологією змінної норми внесення (VRT). На сьогодні жодного офіційно затвердженого чи детально описаного протоколу випробувань для визначення ефективності роботи VRT не опубліковано. Однією з головних складностей залишається те, які саме параметри потрібно тестувати, щоб об'єктивно оцінити рівень точності під час застосування систем змінної норми. Ідеться не лише про кінцевий результат внесення, а й про всі елементи, що формують систему як узгоджене ціле. Особливо варто підкреслити, що лише обмежена кількість виробників техніки нині забезпечує належний контроль дозування добрив при використанні VRT. Тому подальші наукові дослідження є вкрай необхідними для глибшого розуміння впливу різноманітних джерел похибок, які можуть виникати під час роботи таких систем.

З огляду на зазначене, постає потреба у створенні чітко визначених процедур випробування та стандартизованих методик звітності для оцінки VRT-обладнання. У наукових публікаціях уже траплялися спроби дослідити процес розподілу гранульованих матеріалів під час внесення на полі. Автори таких робіт описали методику, що спиралася на стандарт ASAE S3771, і провели практичні випробування одnodискового навісного розкидача мінеральних добрив. Крім того, вони внесли зміни до положень ASAE S3561.2, доповнивши його двовимірною структурою (2-D масивом), яка дала можливість оцінювати ефективність застосування гранульованих продуктів за змінних норм внесення та полегшила тестування аплікаторів цього типу. Завдяки створеній двовимірній матриці панорам стало можливим не лише визначати особливості просторового розподілу матеріалу, але й реєструвати зміни цих схем при варіюванні швидкості руху машини.

Коефіцієнт варіації (CV) традиційно використовується для кількісного аналізу рівномірності та точності розподілу добрив. Згідно з вимогами стандарту ASAE S323.2, під час тестування аплікаторів необхідно обов'язково подавати дані щодо значення CV. Виробники обладнання та спеціалізовані оператори сприймають цей показник як прийнятний індикатор точності роботи машини. Чим нижче значення CV, тим рівномірніше відбувається розподіл матеріалу по поверхні поля. Для спінерних (центрифугальних) розкидачів зазвичай спостерігаються показники коефіцієнта варіації в межах від 4 до 14%, однак нерівності рельєфу можуть підвищувати цей показник до 22–33%. У деяких дослідженнях повідомлялося, що значення CV у межах 16–21% є типовими для реальних польових випробувань таких типів розкидачів

[3].

Дискові розкидачі, обладнані обертовим диском, базуються на перекритті смуг розподілу для досягнення потрібного рівня рівномірності при внесенні матеріалу. Такий принцип дозволяє отримати більшу робочу ширину, ніж фактична ефективна ширина розкидання. Однак під час паралельних проходів це перекриття часто призводить до похибок у дозуванні. Дослідники виявили, що фактична ширина валка змінюється залежно від умов роботи розкидача, що може стати причиною неточностей під час визначення правильної відстані між проходами. У результаті експериментів було встановлено, що приблизно 12% площі поля мали надмірне або недостатнє перекриття зон внесення. Отже, дотримання стабільної відстані між суміжними проходами є критичним чинником точного розподілу.

Крім того, швидкість руху агрегату та рельєф поверхні також суттєво впливають на ефективність роботи розкидача зі спінерним диском. За даними спостережень, коефіцієнт варіації (CV) підвищився з 11% до 34% при переході з рівної ділянки на нерівну місцевість, що свідчить про зниження однорідності внесення матеріалу.

Зона керування — це частина поля, що характеризується подібною сукупністю чинників, які обмежують урожайність, і для якої оптимально застосовується єдина норма внесення певної культури. Незважаючи на те, що технологія змінних норм (VRT) нині широко використовується у сільському господарстві для реалізації просторово диференційованого внесення ресурсів, усунення похибок під час роботи обладнання залишається ключовим завданням. Точне калібрування та правильне налаштування системи є необхідними умовами для забезпечення високої точності функціонування VRT і підвищення ефективності агротехнологічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alameen, A.A.; Al-Gaadi, K.A.; Tola, E.K. Development and performance evaluation of a control system for variable rate granular fertilizer application. *Comput. Electron. Agric.* 2019, 160, 31–39.
2. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
3. Przywara, A.; Santoro, F.; Kraszkiewicz, A.; Pecyna, A.; Pascuzzi, S. Experimental study of disc fertilizer spreader performance. *Agriculture* 2020, 10, 467.

УДК 631.3.62-93

Мельник О.О., магістрант, Близнюк А.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ПЕРЕВАГИ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ ЗМІННИХ НОРМ

Метою даного дослідження є всебічний аналіз переваг і недоліків використання автоматизованих систем контролю норми внесення, зокрема визначення їхнього впливу на якісні показники розподілу мінеральних добрив.

Технологія змінної норми (Variable Rate – VR) надає процесу внесення гранульованих добрив нового виміру та гнучкості. На відміну від традиційного підходу, коли аплікатор працює з постійною швидкістю по всій площі поля, сучасна система вимагає оперативного, динамічного реагування на зміну умов, щоб забезпечити задану варіативність дозування. Робоча динаміка аплікатора має вирішальне значення для ефективності функціонування VR-технології.

Для реалізації цієї системи інтегрується комплекс складових елементів: приймач сигналів GPS, бортовий комп'ютер, програмне забезпечення, що відповідає за моделювання й управління, та контролер, який безпосередньо регулює процес внесення. Кожен із цих компонентів може створювати певну похибку, яка в сумі формує загальну помилку всієї VR-

системи. Такі відхилення не завжди є простим арифметичним підсумком, адже між окремими складовими можуть виникати складні взаємодії. Упровадження технологій змінної норми потребує спеціальних процедур калібрування, а також адаптованих методик експлуатації обладнання, що спрямовані на зменшення можливих неточностей порівняно з традиційними підходами [1].

Основна частина наукових розробок у сфері VR-технологій зосереджена на вдосконаленні апаратного та програмного забезпечення, а також на практичному впровадженні цих систем у виробництво. Водночас оцінка точності їх роботи та визначення потенційних джерел похибок досліджені ще недостатньо. Серед науковців існують побоювання щодо точності застосування VR-систем під час дозування пестицидів та добрив із використанням карт диференційованого внесення. Результати експериментів свідчать, що для підтримання належного осадження гранульованого матеріалу під час внесення необхідно здійснювати автоматичне калібрування потоку за допомогою систем динамічного зважування розкидача. Проте навіть точне дозування не гарантує рівномірного просторового розподілу матеріалу, адже важливим чинником залишається правильність розсіювання масового потоку по поверхні поля [2].

Для підвищення точності можна застосовувати оптичні сенсори або візуалізаційні системи, які дозволяють прогнозувати траєкторію руху частинок добрива та в режимі реального часу відстежувати рівномірність розподілу гранул у полі. Водночас можлива поява асиметричних відхилень у схемах розсіювання, що впливає на якість внесення.

Отже, моніторинг структури розподілу матеріалу та його осадження в реальному часі забезпечує ефективний зворотний зв'язок, необхідний для стабільного й рівномірного функціонування гранульованих аплікаторів зі змінною нормою. Реалізація високоточного просторового внесення добрив потребує одночасного контролю миттєвої витрати матеріалу та якості його розподілу. Наразі жоден серійний розкидач, доступний на ринку, не поєднує в собі обидві ці характеристики у повному обсязі.

Кількісна оцінка затримки або часу реакції системи VRT є важливим етапом для точного налаштування функції «прогнозування», яку містить більшість сучасних програмних рішень. Таке налаштування можливе за умови, що система демонструє однакову поведінку як при збільшенні, так і при зниженні швидкості руху. Дослідники описали процес приготування сумішей рідких добрив та контроль подачі рідини з метою зменшення часу, необхідного для транспортування матеріалу від резервуара до робочого органу.

Науковці дійшли висновку, що стабільність швидкості потоку та якість змішування можна значно покращити за рахунок кількох факторів: контролю індивідуального потоку кожного компонента системи, скорочення часу реакції насосів і клапанів, мінімізації довжини та об'єму сполучних шлангів, забезпечення належного змішування компонентів і виконання цього процесу якомога ближче до форсунок.

Для систем внесення рідких добрив було встановлено, що транспортна затримка інжектора VR коливається в межах від 18 до 58 секунд, що свідчить про нерівномірність часу затримки між окремими форсунками по всій довжині штанги. Такі відхилення призводять до похибок у внесенні добрив, оскільки зміни швидкості подачі здійснюються раніше або пізніше запланованого моменту. Суттєве підвищення ефективності роботи систем змінної норми (VR) можливе завдяки впровадженню командного управління подачею [3].

Помилки також можуть виникати у моделях розподілу добрив через наявність різного часу реакції в окремих соплах або точках внесення по ширині робочої зони. За результатами досліджень Моліна та співавторів, час відгуку розкидача добрив VR становив у середньому 3,1 секунди при збільшенні норми подачі та 5,7 секунди при її зменшенні. Під час експериментів агрегат вносив меншу від заданої кількість добрив — відхилення сягали до 28% у деяких випадках. Автори не подали детального опису процесу калібрування, однак наведені результати свідчать, що для точного узгодження фактичних змін норми подачі з бажаним моментом у часі необхідно враховувати різні попередні інтервали реагування.

Регулювання змінного масового потоку є більш ефективним підходом, проте за ручного

керування швидкістю цей процес повністю залежить від оператора, що створює значне навантаження та прискорює втому водія. Автоматизовані системи управління пропонують дієве рішення, яке дозволяє стабілізувати швидкість руху та зменшити похибки у дозуванні добрив, що виникають під час зміни масового потоку.

Подальші наукові дослідження мають на меті з'ясувати, який метод контролю — за швидкістю, масовим потоком чи обома параметрами одночасно — є найбільш ефективним для мінімізації похибок внесення добрив у системах VR. У майбутньому такі дослідження можуть довести доцільність одночасного формування заданих швидкостей руху та норм внесення, що сприятиме більш точному та стабільному застосуванню технологій змінних норм.

Список використаних джерел

1. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
2. Alameen, A.A.; Al-Gaadi, K.A.; Tola, E.K. Development and performance evaluation of a control system for variable rate granular fertilizer application. *Comput. Electron. Agric.* 2019, 160, 31–39.
3. Przywara, A.; Santoro, F.; Kraszkiewicz, A.; Pecyna, A.; Pascuzzi, S. Experimental study of disc fertilizer spreader performance. *Agriculture* 2020, 10, 467.

УДК 631.3.62-93

Гапонов О.Г., магістрант, Колісник О.П., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ОСНОВНІ ЕТАПИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Сільськогосподарський сектор перебуває під зростаючим тиском щодо підвищення Підвищення ефективності агровиробництва при одночасному зменшенні негативного впливу на довкілля є одним із головних завдань сучасного сільського господарства. Одним із найрезультативніших шляхів досягнення такого балансу виступає використання технологій точного землеробства, зокрема систем внесення мінеральних добрив із регулюванням норми їх подачі.

Диференційоване внесення добрив є ключовою складовою точного землеробства. Його суть полягає у вибіркового застосуванні поживних речовин саме там, де це найбільш необхідно для рослин. Залежно від підходу, розрізняють два основних методи: внесення добрив у режимі реального часу або за попередньо підготовленою електронною картою поля. Найбільш розповсюдженим способом у практиці є саме другий варіант [1].

Першим етапом є створення цифрової карти поля, яка відображає рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення. Така карта може бути сформована різними методами, що відрізняються використанням обладнання та програмним забезпеченням.

Наприклад, одним із варіантів є аналіз даних про врожайність, зібраних під час жнив за допомогою бортового комп'ютера комбайна. Такі дані дозволяють визначити проблемні ділянки — зони зі зниженим рівнем урожайності, на яких надалі проводиться відбір зразків ґрунту для лабораторного аналізу. Якщо ж дані врожайності відсутні, проби відбирають із усього поля рівномірно.

Другий етап передбачає безпосередній відбір ґрунтових проб. У процесі точного землеробства особливу увагу приділяють точному визначенню координат ділянок, зазначених на електронній карті. Для цього використовують високоточні GPS-приймачі [2].

Відбір зразків для агрохімічного дослідження здійснюється з урахуванням рельєфу, неоднорідності ґрунтового покриття, кліматичних умов та вертикальної будови орного шару. Існує кілька підходів до відбору:

- випадковий метод — доцільний для однорідних ділянок, однак у межах точного землеробства малоефективний, оскільки дає лише середні значення;

- сегментний відбір — здійснюється на основі попередніх даних моніторингу врожайності;
- еталонний підхід — оптимальний для різнорідних полів із помітними змінами рельєфу. За цією методикою поле поділяють на менші зони (5–10 га), після чого для кожної розробляються окремі рекомендації щодо дозування добрив. Координати кожної ділянки фіксують GPS-приймачем, що дає змогу надалі повторно проводити відбір зразків і простежувати динаміку змін у ґрунті.

Зазвичай проби беруть з орного шару глибиною 0–30 см. Процедура виконується за допомогою ручного бура або автоматизованого пробовідбірника [3].

Третій етап охоплює лабораторне дослідження ґрунту. Отримані результати надають вищепні дані про хімічний склад, фізичні властивості та агрономічну якість ґрунтів. Ця інформація дозволяє уточнити рівень родючості та на її основі сформувати електронну карту живлення для подальшої оптимізації агротехнологій.

На четвертому етапі здійснюється розрахунок оптимальної дози добрив для запланованої урожайності. З урахуванням рекомендацій фахівців з агрохімії визначають норму діючої речовини на гектар для кожної конкретної ділянки.

П'ятий етап — безпосереднє диференційоване внесення. Підготовлена карта-завдання завантажується до бортового комп'ютера трактора. Під час руху машини GPS-система передає точні координати, а комп'ютер, відповідно до карти, автоматично регулює дозуючі механізми, змінюючи подачу добрив у реальному часі залежно від потреб ґрунту.

Використання технології змінної норми внесення мінеральних добрив є вагомим кроком уперед у розвитку екологічно збалансованого агровиробництва. Поєднання інноваційних цифрових рішень і традиційних агрономічних практик сприяє одночасному підвищенню врожайності та зменшенню антропогенного тиску на довкілля. Постійне вдосконалення та поширення таких технологій має вирішальне значення для майбутнього аграрної галузі, особливо з огляду на сучасні глобальні виклики — зміну клімату, деградацію ґрунтів і зростаючу потребу в продуктах харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати дослідів на 50 полях [Електронний ресурс] // Агроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/siyaty-sonyashnyk-zi-zminnoyu-normoyu-chy-ni-rezultaty-doslidu-na-50-polyah/>.
2. Du, J. Effect of Organic Fertilizer Substitution for Chemical Fertilizer and the Level of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Regulation on Apple Production. Master's Thesis, Shandong Agricultural University, Shanghai, China, 2022.
3. Alameen, A.A.; Al-Gaadi, K.A.; Tola, E.K. Development and performance evaluation of a control system for variable rate granular fertilizer application. *Comput. Electron. Agric.* 2019, 160, 31–39.

УДК 631.3.62-93

Колісник О.П., магістрант, Гапонов О.Г., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Досвід упровадження технології диференційованих норм висіву насіння в Україні показує, що середній приріст урожайності з одного гектара може досягати 10% і навіть перевищувати цей показник у порівнянні із традиційним висівом за сталою нормою. Використання систем автоматичного відключення секцій під час сівби кукурудзи дає змогу уникати зон перекриття рядків, надлишкового загущення посівів і, відповідно, дозволяє економити від 3 до 8% посівного матеріалу.

Технологія змінного внесення мінеральних добрив забезпечує раціональніше використання ресурсів, дозволяючи знизити їх витрати до 40%, а в окремих випадках — і більше.

Навіть найпростіший етап запровадження елементів точного землеробства, який не потребує значних фінансових витрат, — це проведення агрохімічного аналізу ґрунту та створення карт його властивостей. Цей підхід уже на початковому етапі сприяє оптимізації використання матеріальних ресурсів і підвищенню ефективності технологічних процесів до 20% і вище.

Головною метою точного землеробства є підвищення економічної віддачі аграрного виробництва та одночасне зменшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Цього досягають шляхом точного регулювання використання виробничих ресурсів, зокрема добрив, відповідно до особливостей кожної ділянки поля. Визначення просторової неоднорідності властивостей ґрунту в межах окремих полів є вихідним і надзвичайно важливим кроком на шляху до впровадження концепції точного землеробства.

Відбір зразків ґрунту за сітковим методом використовується для виявлення просторової мінливості його родючості в межах окремого поля. Ця інформація становить базу для формування рекомендацій щодо використання змінних норм (VR) добрив. Значні коливання у вмісті поживних елементів можуть спостерігатися навіть на малих ділянках, наприклад у межах сітки відбору проб розміром $0,30 \times 0,30$ м. Особливо великою є варіація щодо фосфатів, для яких коефіцієнт варіації (CV) може досягати 52% [1].

Дослідники також зазначають, що коефіцієнт варіації може змінюватися в межах від 18% до 82%, навіть для деяких ділянок, де відбір проб здійснювали надзвичайно ретельно — із сіткою 60 м^2 . Попри це, у більшості сучасних експериментів зі змінним внесенням добрив (VR) просторову варіацію розглядали на рівні ділянок площею до 1 га. Насправді такий підхід мало відрізняється від застосування єдиної норми внесення (UR), лише реалізується у дрібнішому масштабі. Зважаючи на суттєву просторову мінливість ґрунтів навіть у межах невеликих зон, технології VR доцільно впроваджувати на ділянках значно меншого розміру — приблизно до 2 м^2 [2].

Досліджень, у яких би порівнювали ефективність VR і UR під час внесення фосфорних (P) добрив з використанням сучасного обладнання для ділянок менш як 1 га, проведено небагато. Це зумовлено тим, що для отримання достовірних даних потрібно брати велику кількість зразків ґрунту для стандартного лабораторного аналізу, що істотно підвищує вартість досліджень.

Останні експерименти, які порівнювали реакцію урожайності на фосфор, показали незначну різницю або її відсутність між варіантами VR і UR. Зокрема, у шести польових дослідках у штаті Іллінойс на культурах кукурудзи та сої не зафіксовано статистично достовірних відмінностей в урожайності між змінним і сталим внесенням добрив при сітці відбору 1 га. Інші автори також дійшли висновку, що, хоча VR у певних випадках може забезпечити приріст урожаю порівняно з UR, економічна ефективність залишається сумнівною через підвищені витрати на відбір зразків і виконання диференційованого внесення. Деякі дослідники зафіксували незначне збільшення урожайності при застосуванні VR, проте підвищена вартість аналізу ґрунту фактично нівелює економічний ефект [3].

Методика зменшення розміру сітки до площі менше одного гектара використовується досить рідко, адже очікуваний приріст урожайності при такому підході, як правило, не компенсує додаткових витрат на проведення детального аналізу ґрунту. Таким чином, хоча доведено, що застосування VR може позитивно впливати на продуктивність, економічна вигода цього підходу часто знижується через високу собівартість додаткових випробувань. Отже, збільшення кількості проб на гектар для визначення рівня забезпеченості ґрунту поживними елементами зазвичай не є фінансово доцільним рішенням.

Рекомендації щодо дозування добрив мають базуватися на максимально деталізованому аналізі ґрунту, щоб виявити просторову неоднорідність навіть у межах невеликих площ — аж до одного метра. Реалізувати це на практиці можливо лише шляхом застосування нових методів вимірювання, зокрема сенсорних систем для диференційованого внесення (VR) у режимі реального часу. Картоорієнтований підхід до VR менш ефективний, оскільки базується на обмеженій кількості зразків на гектар і може спричинити похибки через неточність

позиціонування під час збору інформації та інтерполяційні помилки при створенні карт внесення. Використання сенсорів, що працюють у видимому (VIS) та ближньому інфрачервоному (NIR) спектрах, демонструє перспективні результати для оцінки вмісту окремих поживних елементів у ґрунті й відкриває реальні можливості для оперативного застосування технологій змінного внесення добрив під час польових робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Du, J. Effect of Organic Fertilizer Substitution for Chemical Fertilizer and the Level of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Regulation on Apple Production. Master's Thesis, Shandong Agricultural University, Shanghai, China, 2022.
2. Сіяти соняшник зі змінною нормою чи ні? Результати дослідів на 50 полях [Електронний ресурс] // Агроном. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.agronom.com.ua/siyaty-sonyashnyk-zi-zminnoyu-normoyu-chy-ni-rezultaty-doslidu-na-50-polyah/>.
3. Alameen, A.A.; Al-Gaadi, K.A.; Tola, E.K. Development and performance evaluation of a control system for variable rate granular fertilizer application. Comput. Electron. Agric. 2019, 160, 31–39.

УДК 631.3.62-93

Немченко А.О., магістрант, Гончаров І. М., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИТИСКНИМ ЗУСИЛЛЯМ НА СУЧАСНИХ СІВАЛКАХ

Контроль притискної сили сівалки забезпечує здатність висівних агрегатів підтримувати необхідне навантаження на опорні колеса в межах опору ґрунту, який характерний для конкретного поля. Управління цією силою зазвичай налаштовується відповідно до цільової глибини посіву і може реалізовуватися у вигляді фіксованого значення або через автоматизовані системи, включно з активним регулюванням, що дозволяє досягати заданого рівня навантаження на колесо під час роботи агрегату.

Для просапних культур сівалка має забезпечувати рівномірне розміщення насіння по всій глибині та з однаковими інтервалами вздовж рядків. Для формування посівної борозни необхідної глибини диски агрегату використовують власну вагу висівного механізму, що забезпечує проникнення в ґрунт. Опорні колеса виконують роль регуляторів глибини, обмежуючи надмірне занурення дисків у ґрунт і гарантують стабільність формування борозни.

Виробники оснастили сучасні просапні сівалки спеціальними механізмами, що дозволяють застосовувати додаткове навантаження на кожен рядкову секцію. Це забезпечує формування борозни з заданою глибиною та дозволяє підтримувати стабільну глибину по всьому полю, навіть при наявності неоднорідного ущільнення ґрунту, різних типів ґрунту та залишків рослинності. Сумарна дія додаткового навантаження разом із власною масою висівного агрегату визначає так звану притискну силу. Реалізація цієї сили можлива за допомогою механічних, пневматичних або гідравлічних систем [1].

Гідравлічні системи мають перевагу у швидкості реакції на зміни необхідної притискної сили порівняно з пневматичними рішеннями. Вони застосовують гідравлічні циліндри для точного регулювання навантаження на висівні секції в режимі реального часу. Перед початком посіву оператор встановлює цільове навантаження на колесо, яке вважається достатнім для підтримки бажаної глибини борозни. Система автоматично підтримує це значення, забезпечуючи оптимальне проникнення дисків у ґрунт та стабільну глибину посіву без ризику надмірного ущільнення. Датчики на колісних опорах надають зворотний зв'язок щодо фактичного навантаження, що дозволяє системі регулювати притискну силу у відповідь на зміни умов поля. Така система особливо ефективна на полях із різними властивостями ґрунту, рельєфом та залишками рослинності, де швидка адаптація до мінливих умов є критичною для

рівномірності посіву [2].

Незважаючи на широке застосування цих технологій, залишається обмежена інформація щодо просторової варіабельності навантаження на колеса, його коливань від рядка до рядка та рекомендацій щодо оптимального контролю притискної сили сівалок у реальних польових умовах.

Рівномірність глибини посіву та початкової густоти сходів, включно з показниками швидкості проростання та розвитку рослин на ранніх стадіях, є ключовими параметрами, що впливають на ефективність роботи сівалки та остаточну врожайність соняшнику. Нерівномірне проростання часто зумовлене варіацією глибини висіву, неоднорідними польовими умовами, включно з розподілом поживних залишків, станом посівного ложа та енергетичними характеристиками насіння. Наукові дослідження підкреслюють критичну важливість посіву на оптимальну глибину: надмірне занурення насіння може призвести до затримки сходів, нерівномірного розвитку рослин та зниження врожайності на 6–22% [3].

Під час роботи сівалки притискна сила розподіляється між чотирма ключовими компонентами: відкриваючими дисками, направляючими колесами, закриваючими колесами та очисниками рядків або сошниками. Закриваючі колеса та рядкові очисники сприймають лише невелику, стабільну частину навантаження. Основна частина притискної сили передається на відкриваючі диски для формування борозни потрібної глибини та на направляючі колеса, що контролюють стабільність глибини посіву протягом всього процесу. Такий розподіл сил забезпечує рівномірне заглиблення насіння та сприяє отриманню високої продуктивності культури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.
2. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyyh-kultur/>.
3. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/.

УДК 631.3.62-93

Гончаров І. М., магістрант, Немченко А.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ ҐРУНТОВИХ УМОВ НА РОБОТУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИТИСКНИМ ЗУСИЛЛЯМ НА СУЧАСНИХ СІВАЛКАХ

Метою цього дослідження було кількісно оцінити коливання притискної сили в реальному часі між різними висівними секціями на просапній сівалці, яка запрограмована для постійного контролю цього параметра під час польових робіт.

Під час проведення посіву навантаження на диски, що розкривають борозну, значно змінюється через різноманітність реальних умов на полі, включаючи текстуру ґрунту, його вологість, наявність залишків рослинності на поверхні, рельєф, швидкість руху агрегату, ступінь ущільнення від коліс техніки та конструктивні особливості дисків для відкривання борозни. Наприклад, при застосуванні фіксованої притискної сили, посів у легких ґрунтах потребує меншого тиску на відкриваючі диски для забезпечення заданої глибини, тоді як коліщатко несе більшу частину навантаження. Сила, що діє на вимірювальне колесо, відома як навантаження на направляюче колесо (НК), і вона підтримує контакт колеса з ґрунтом, забезпечуючи необхідну глибину закладання насіння [1].

У випадку важких ґрунтів, навпаки, диски для відкривання потребують більшого тиску для формування борозни, що знижує величину НК. Іноді диски можуть вимагати більшого навантаження, ніж фактично забезпечує направляюче колесо, що призводить до втрати контакту з поверхнею та мілкого загортання насіння. Оптимальним рішенням у таких ситуаціях є додаткове навантаження на висівну секцію, іноді назване «запасом» для дисків, що дозволяє досягти потрібної глибини та забезпечити стабільний контакт коліщатка з ґрунтом.

Водночас надмірне прикладання сили може поглибити посів і спричинити ущільнення бокових стінок борозни, що негативно впливає на ріст кореневої системи рослин. Тому важливо визначити оптимальний рівень НК, який дозволяє дискам використовувати додаткову силу у будь-яких умовах без порушення заглиблення насіння і без ущільнення ґрунту по боках [2].

Електропровідність ґрунту (ЕП), що вимірюється у мілісіменсах на метр (мСм/м), характеризує здатність ґрунту проводити електричний струм. Провідність забезпечується водним розчином з іонами в порах ґрунту, катіонами, прикріпленими до глинистих частинок, та з'єднаними між собою частками ґрунту. Дослідження показали, що в більшості полів підвищена ЕП пов'язана з високим вмістом глини та органічної речовини, тоді як в інших ділянках, де значення менше, ці складові знижені. Таким чином, електропровідність корелює із розміром часток, текстурою та засоленням ґрунту, а просторові дані ЕП дозволяють диференціювати текстуру в межах одного поля [3].

Ґрунти з високою електропровідністю потребують більшої сили на дисках для формування борозни, що водночас зменшує навантаження на направляюче колесо, і навпаки. Підбір оптимальної притискної сили ускладнюється через різноманітність польових умов.

Через неоднорідність ґрунтів різні висівні секції можуть потребувати окремого регулювання для забезпечення рівномірної глибини посіву. Керування притискним тиском на сівалці може здійснюватися як окремо для кожної секції, так і для груп секцій за допомогою пружинного натягу, подушок безпеки або гідравлічних циліндрів. Зазвичай контактне навантаження коліс зростає за рахунок натягу пружин, що кріплять рядкові блоки до рами агрегату.

Сучасні машини застосовують гідравлічні або пневматичні приводи для регулювання передачі ваги на висівні секції, забезпечуючи належний контакт коліс із ґрунтом. Ефективні механізми контролю притискної сили є ключовими для запобігання ущільненню ґрунту та досягнення рівномірного заглиблення насіння. Попередні дослідження свідчать, що диски для відкривання потребують більшої тяги на важких ґрунтах порівняно з легкими.

Різні умови поля потребують оптимального управління притискною силою для стабільного посіву. Обмежені публікації щодо ефективного використання комерційних технологій та обладнання у контексті просторової мінливості НК ускладнюють завдання виробникам щодо вибору оптимальної системи контролю для звичайного поля під час посівних операцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.
2. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>.
3. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/.

ВПЛИВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ

Процес збирання пшениці є ключовою ланкою у виробництві зернової продукції, оскільки саме на цьому етапі формується кінцева якість і обсяг урожаю. Проте, навіть за високих агротехнічних стандартів, значна частка втрат урожаю виникає саме під час механізованого збирання. Це зумовлено конструктивними недоліками техніки, нераціональними режимами її роботи та обмеженими можливостями контролю процесу в реальному часі. У сучасних умовах одним із найбільш перспективних напрямів підвищення ефективності є впровадження технологій точного землеробства, зокрема систем сенсорного моніторингу та інтелектуального керування зернозбиральними комбайнами.

Збирання зернових культур, особливо пшениці, характеризується багатьма технологічними етапами — від зрізання до очищення зерна. Зернозбиральний комбайн виконує одночасно кілька процесів: різання, обмолот, сепарацію, очищення та транспортування зерна. Хоча така комплексність забезпечує високу продуктивність, вона також підвищує ймовірність втрат на кожному з етапів (Рисунок 1).

Основні втрати виникають у результаті недосконалого обмолоту, неефективного очищення та перевантаження системи сепарації. Будь-які втрати на цих етапах безпосередньо знижують прибутковість виробництва, особливо для фермерських господарств середнього масштабу. Тому актуальним є завдання аналізу механізму втрат та впровадження ефективних засобів їх зменшення через автоматизовані системи моніторингу та регулювання.

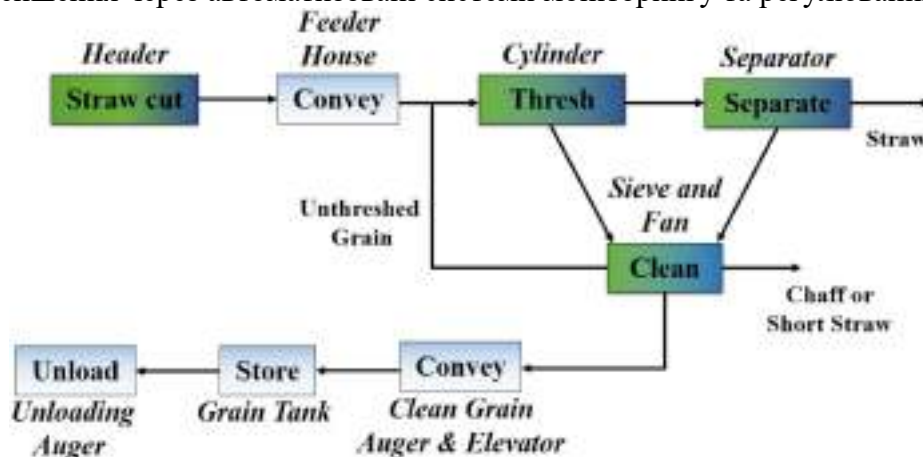


Рисунок 1 - Принцип роботи зернозбирального комбайна, з акцентом на місцях, де зазвичай виникають втрати.

Стрімкий розвиток сенсорних технологій у промисловості, медицині та обороні створює нові можливості для сільського господарства. Проте використання сенсорних систем у зернозбиральних комбайнах ще перебуває на етапі становлення. Складні умови експлуатації (вібрація, пил, підвищена вологість, різкі коливання температури) вимагають використання сенсорів з високою чутливістю та стабільністю роботи.

Технологія вимірювання втрат зерна дає змогу у реальному часі відстежувати втрати, що виникають під час роботи комбайна. Такі системи дозволяють оперативно реагувати на перевантаження, нерівномірний потік маси або зміни у вологості зерна. Автоматизований моніторинг сприяє зменшенню втрат і підвищенню точності обмолоту, забезпечуючи стабільну якість кінцевого продукту.

Інтелектуальні системи керування комбайнами базуються на аналізі даних сенсорів і здатні автоматично регулювати швидкість руху, інтенсивність подачі та оберти молотильного барабана (Рисунок 2). Це дозволяє знизити втрати та зменшити навантаження на оператора. Крім того, використання датчиків урожайності та вологості дає змогу створювати цифрові

карти поля, які застосовуються для оптимізації процесів точного землеробства — наприклад, для визначення ділянок з підвищеними втратами чи нерівномірним дозріванням зерна.

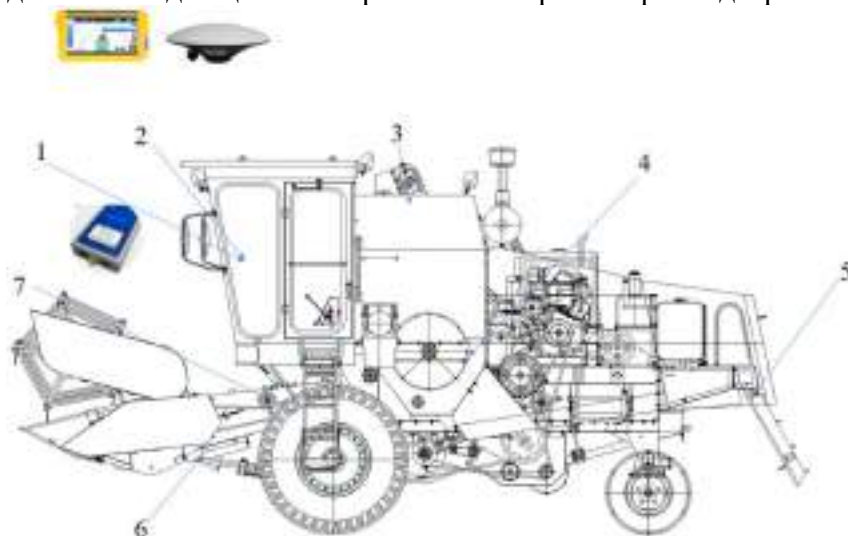


Рисунок 2 - Інтелектуальні технології зернозбирального комбайна. 1 — інтелектуальна діагностика несправностей; 2 — безпілотна система керування та навігації; 3 — інтелектуальне вимірювання виробництва; 4 — інтелектуальне керування обмолотом, сепарацією та очищенням; 5 — онлайн-моніторинг рівня втрат; 6 — інтелектуальне керування жаткою; 7 — визначення кількості подачі.

Відповідно до експериментальних даних [1], на рівень втрат зерна впливають: сорт пшениці, терміни збирання, швидкість руху комбайна, рівень кваліфікації оператора, вологість зерна та стан обмолоту. Розвиток технологій обробки даних і машинного навчання дозволяє враховувати ці фактори в автоматичних алгоритмах керування, що робить систему самонавчальною.

Використання комплексу датчиків (для оцінки потоку зерна, швидкості обертання барабанів, тиску, вібраційних характеристик тощо) формує підґрунтя для побудови інтелектуальних моделей втрат. Такі системи не лише фіксують уже наявні втрати, а й здатні прогнозувати їх появу. Це дозволяє запобігати втратам до їх виникнення — принципово новий підхід у зернозбиранні.

Поєднання систем сенсорного моніторингу з технологіями точного землеробства забезпечує новий рівень контролю процесів збирання. Використання геопросторових даних, GPS-навігації та алгоритмів машинного зору сприяє автоматизації роботи комбайнів, точному проходженню маршруту та раціональному розподілу навантаження.

У перспективі очікується інтеграція таких систем з роботизованими комбайнами, що дозволить проводити збір урожаю з мінімальним втручанням людини. Це забезпечить не лише підвищення ефективності, а й зменшення втрат, покращення якості зерна та скорочення енергоспоживання.

Сенсорні системи та технології точного землеробства мають суттєвий потенціал для зменшення втрат пшениці під час механізованого збирання. Використання автоматизованих систем моніторингу і керування забезпечує стабільну якість продукції, підвищує ефективність роботи техніки та сприяє сталому розвитку аграрного сектору.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення алгоритмів самонавчання комбайнів, інтеграцію систем моніторингу з геоінформаційними платформами та розробку адаптивних стандартів точного збирання зернових культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zhu, L.; Li, X. Strengthening the combination of agricultural machinery and agronomy to reduce grain harvest loss. *Agric. Mach. Qual. Superv.* 2020, 10, 12–14.
2. Coen, T.; Saeys, W.; Missotten, B.; Baerdemaker, J. Cruise control on a combine harvester

using model-based predictive control. Biosyst. Eng. 2008, 99, 45–47.

3. Maertens, K.; Ramon, H.; Baerdemaeker, J. An on-the-go monitoring algorithm for separation processes in combine harvesters. Comput. Electron. Agric. 2004, 43, 197–207.

УДК 631.171

Гузенко В.А., магістрант, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

Зерно є одним із ключових елементів глобальної продовольчої безпеки, оскільки воно становить основу раціону людини та кормової бази для тваринництва. Згідно з прогнозами Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), світове виробництво зерна у 2024 році сягне близько 2,9 мільярда тонн, що на 0,3% перевищує показник попереднього року. У структурі світового аграрного виробництва частка зернових культур становить близько 17%, тоді як пшениця займає майже чверть цього обсягу. Таким чином, ефективність процесів вирощування, збирання, переробки та використання зерна має вирішальне значення для забезпечення стабільності продовольчих систем та економічної прибутковості аграрного сектору.

Однією з основних проблем сучасного зерновиробництва залишається значна частка втрат урожаю під час періоду повної стиглості, що зумовлено процесом самоосипання зерна. Дослідження показують, що починаючи з третього дня після досягнення повної стиглості, втрати зерна можуть зростати щодня на 0,25–0,5%. На п'ятий день вони досягають 1,5%, на десятий — близько 5%, а на двадцятий день — до 20%. Якщо збирання не проводити протягом 10–12 днів після досягнення, втрати врожаю можуть сягати до 15–20 мільйонів тонн щороку.

Причиною цього є обмежена кількість високопродуктивної збиральної техніки, яка використовується лише у вузький сезонний період. Зернозбиральні комбайни — це складні й вартісні машини, експлуатація яких обмежена декількома місяцями на рік (літнє збирання зернових і осіннє — кукурудзи чи соняшнику). Закупівля великої кількості комбайнів для прискорення кампанії є економічно невиправданою, що актуалізує питання розроблення універсальних технічних засобів, придатних для роботи впродовж усього календарного року. Одним із потенційних напрямів є використання тракторів, які можуть агрегатуватися зі змінними збиральними модулями.

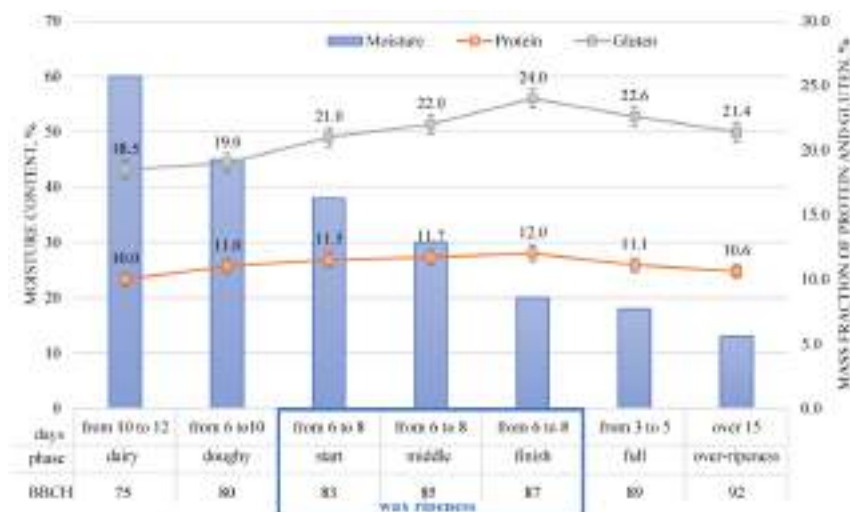


Рисунок 1 - Зміни властивостей зерна пшениці під час дозрівання.

Одним з інноваційних рішень у сфері аграрної техніки є перехід до збирання зерна на

ранніх стадіях стиглості. Результати досліджень [3–4] свідчать, що пшениця, зібрана у фазі молочної або воскової стиглості, може мати вищий вміст поживних речовин і амінокислот, а також бути придатною для використання у кормовому виробництві. Зокрема, у період воскової стиглості спостерігається максимальний вміст білків, клейковини та незамінних амінокислот, тоді як після досягнення повної стиглості ці показники поступово знижуються. (рисунок 1.).

Збирання пшениці у фазі воскової стиглості (приблизно за шість днів до повного досягання) дозволяє істотно скоротити часові рамки збирання та зменшити втрати від самоосипання, не потребуючи додаткової кількості техніки. Зерно, зібране у цей період, може бути використане для силосування або виготовлення кормових добавок, що підвищує комплексність використання урожаю.

Традиційна технологія комбайнування передбачає механічний обмолот колоса з використанням ударно-молотильних систем. Цей метод залишається одним із найбільш енергоємних етапів усього циклу збирання: до 80% споживаної енергії витрачається саме на обмолот та подрібнення соломи, і лише близько 7% — на відділення зерна. Водночас ступінь пошкодження зерна залишається досить високим — до 20–30% від маси обмолоченого матеріалу. Навіть у сучасних моделях комбайнів, що мають вдосконалені барабани та сепарувальні системи, рівень пошкоджень залишається суттєвим і впливає на схожість насіннєвого матеріалу.

Тріщини, що утворюються у зерні внаслідок ударного впливу, сприяють розвитку мікрофлори, включно з грибами-продуцентами мікотоксинів, через що зерно може ставати непридатним як для харчових, так і для кормових цілей. Відповідно, енергоємність і травмування зерна залишаються двома головними факторами, що обмежують подальше підвищення ефективності сучасних зернозбиральних комбайнів.

Аналіз тенденцій розвитку техніки показує, що подальше вдосконалення традиційних барабанних систем обмолоту має обмежений потенціал. Дослідники відзначають, що ударно-механічний принцип відділення зерна від колоса практично вичерпав можливості модернізації, оскільки неминуче супроводжується пошкодженням структури зерна.

Перспективним напрямом може стати створення нових безударних методів відділення зерна, що ґрунтуються на фізико-біологічних або електростатичних принципах дії, які б дозволили мінімізувати пошкодження та забезпечити можливість ефективного збирання зерна у фазі воскової стиглості. Такий підхід дозволить знизити енергоспоживання, розширити часові рамки збирання та підвищити якість кінцевої продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. FAO's Cereal Supply and Demand Brief. Available online: <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/> (accessed on 5 July 2024).
2. OECD/FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2024–2033, Paris and Rome. 2024. Available online: <https://doi.org/10.1787/4c5d2cfb-en> (accessed on 5 July 2024).
3. Xu, L.; Tang, G.; Wu, D.; Han, Y.; Zhang, J. Effects of tillage and maturity stage on the yield, nutritive composition, and silage fermentation quality of whole-crop wheat. *Front. Plant Sci.* 2024, 15, 1357442. [PubMed]
4. Lachuga, Y.F.; Meskhi, B.C.; Pakhomov, V.I.; Rudoy, D.V.; Kambulov, S.I.; Maltseva, T.A. Study of Changes in the Amino Acid Composition of Spiked Cereals during the Ripening Process. *Eng. Technol. Syst.* 2023, 33, 508–523.
5. Berihuete-Azorín, M.; Stika, H.-P.; Hallama, M.; Valamoti, S.M. Distinguishing ripe spelt from processed green spelt (Grünkern) grains: Methodological aspects and the case of early La Tène Hochdorf (Vaihingen a.d. Enz, Germany). *J. Archaeol. Sci.* 2020, 118, 105143.
6. Kraska, P.; Andruszczak, S.; Dziki, D.; Stocki, M.; Stocka, N.; Kwiecińska-Poppe, E.; Różyło, K.; Gierasimiuk, P. Green grain of spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) harvested at the stage of milk-dough as a rich source of valuable nutrients. *Emir. J. Food Agric.* 2019, 31, 263–270.
7. Marti, A.; Rahardjo, C.P.; Ismail, B. Insights Into Perennial Crops as Potential Food Source. *Encycl. Food Secur. Sustain.* 2019, 2, 400–405.

ВПЛИВ РЕАКЦІЇ КОНТРОЛЕРА НА РІВНОМІРНІСТЬ НОРМИ ВНЕСЕННЯ ОБПРИСКУВАЧЕМ

У тезах представлено результати аналізу впливу швидкодії та точності реакції контролера системи автоматичного регулювання на рівномірність норми внесення робочої рідини польовим обприскувачем. Розглянуто принцип дії систем автоматичного контролю, наведено основні фактори, що зумовлюють відхилення фактичної витрати від заданої, а також запропоновано шляхи підвищення точності дозування при зміні робочих параметрів агрегату.

Однією з ключових умов ефективного застосування засобів захисту рослин є забезпечення стабільної норми внесення робочої рідини по всій площі обробітки. У сучасних обприскувачах цей показник забезпечується автоматизованими системами керування, які змінюють витрату через електронні клапани або регулятори тиску відповідно до швидкості руху агрегату. Центральним елементом таких систем є контролер, який приймає сигнали від датчиків швидкості, тиску та витрати, аналізує їх і формує управляючі впливи [1].

Рівномірність внесення значною мірою залежить від часу реакції контролера на зміну вхідних параметрів. Затримка сигналу або повільна реакція призводять до перерозподілу робочої рідини: при збільшенні швидкості руху можливе заниження дози, а при зменшенні — її перевищення. За результатами польових спостережень встановлено, що навіть короткочасне запізнення реакції в межах 0,5–1,0 с може спричинити відхилення фактичної норми внесення на 10–15 %.

На реакцію контролера впливають такі фактори: обчислювальна потужність мікропроцесора, алгоритм обробки сигналів, тип зв'язку з виконавчими механізмами, а також наявність фільтрації шумів у сигналі датчиків. Для систем з аналоговими датчиками затримка обробки сигналу становить у середньому 150–300 мс, тоді як при використанні цифрових сенсорів з високою частотою опитування цей показник можна зменшити до 50–100 мс [2].

Особливу роль відіграє налаштування алгоритму керування. Простий пропорційний (P) регулятор забезпечує швидку реакцію, проте може спричинити коливання тиску в системі. Використання пропорційно-інтегрального (PI) або пропорційно-інтегрально-диференціального (PID) регулятора дозволяє досягти компромісу між швидкістю та стабільністю, але вимагає точного підбору коефіцієнтів. Недостатня оптимізація цих параметрів часто призводить до інерційності або перерегулювання системи, що негативно впливає на рівномірність внесення.

У процесі дослідження було змодельовано роботу системи автоматичного регулювання витрати при різних характеристиках контролера. Результати симуляції показали, що зменшення часу реакції з 0,8 до 0,3 с дозволяє скоротити коливання витрати робочої рідини на 7–9 % та покращити коефіцієнт рівномірності внесення на 4–6 %. При цьому використання передбачувальних (predictive) алгоритмів керування дає можливість адаптувати регулювання до зміни швидкості руху ще до настання різких коливань, що особливо важливо для робіт на полях зі складним мікрорельєфом.

Також варто зазначити, що рівномірність норми внесення залежить не лише від реакції контролера, але й від інерційності гідравлічної системи. Затримка відкриття або закриття клапанів, заповнення шлангів та фільтрів робочою рідиною створює додатковий лаг між сигналом керування та фактичним потоком. Тому для підвищення точності доцільно поєднувати високошвидкісні електромагнітні клапани з контролерами, здатними працювати у режимі реального часу.

Підвищення рівномірності внесення сприяє не лише економії засобів захисту рослин, а й зменшенню негативного впливу на довкілля, оскільки запобігає локальному перенасиченню пестицидів у ґрунті та водних об'єктах. Таким чином, удосконалення реакції контролера є одним із ключових напрямів цифровізації процесів обприскування в системах точного землеробства.

Час реакції контролера безпосередньо впливає на рівномірність норми внесення робочої рідини. Оптимальне налаштування алгоритмів керування дозволяє мінімізувати відхилення норми внесення при зміні швидкості руху. Використання швидкодіючих сенсорів і передбачувальних алгоритмів підвищує стабільність дозування на 5–10 %. Впровадження таких рішень забезпечує підвищення ефективності технологічного процесу обприскування та екологічну безпечність сільськогосподарського виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Топчій В. І., Кобець А. В. Автоматизовані системи керування в сільськогосподарських машинах. – К.: НУБіП України, 2021. – 236 с.
2. Shuliak M., Chepizhnyi A., Khvorost T., Sokolik S., Murchych M. Determination of rational conditions for the movement of transport and technological units when using technological machines with driving wheels // Technology audit and production reserves. – 2025. – Vol. 3. – P. 20–27.

УДК 631.3.62-93

Лазько Ю.О., магістрант, Гуйва В.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ ПОВОРОТНИХ РУХІВ НА РІВНОМІРНІСТЬ НОРМИ ВНЕСЕННЯ ОБПРИСКУВАЧЕМ

Сучасні технології точного землеробства передбачають високі вимоги до точності та рівномірності внесення робочих рідин при виконанні операцій хімічного захисту рослин. Одним із важливих факторів, що впливають на ефективність роботи обприскувачів, є стабільність норми внесення робочого розчину під час маневрування агрегату, зокрема при здійсненні поворотів. У процесі поворотного руху виникає нерівномірність швидкостей окремих частин штанги, що призводить до зміни витрат рідини через форсунки і, відповідно, до відхилень від заданої норми внесення.

У більшості штангових обприскувачів система подачі рідини розрахована на роботу в умовах прямолінійного руху. При виконанні повороту внутрішня частина штанги рухається з меншою швидкістю, тоді як зовнішня — з більшою. Це зумовлює перевищення норми внесення на внутрішньому боці та недовнесення на зовнішньому. За даними досліджень, нерівномірність норми внесення під час поворотів може сягати 20–30 %, що суттєво впливає на ефективність дії препаратів і призводить до перевитрати хімікатів, підвищення ризику фітотоксичності та забруднення довкілля [1].

Вплив радіуса повороту, швидкості руху агрегату та ширини захвату штанги на ступінь нерівномірності внесення є взаємопов'язаними факторами. Зменшення радіуса повороту при незмінній швидкості спричиняє зростання різниці лінійних швидкостей крайніх точок штанги, що пропорційно збільшує похибку внесення. Наприклад, при ширині штанги 24 м та радіусі повороту 12 м співвідношення швидкостей між зовнішньою та внутрішньою форсунками може перевищувати 2:1. Це означає, що при незмінному тиску зовнішні форсунки вносять менше рідини, ніж необхідно, тоді як внутрішні — значно більше.

Сучасні виробники техніки для точного обприскування активно впроваджують системи компенсації поворотів. Вони базуються на GPS-навігації, сенсорах кута повороту або гіроскопічних датчиках. Такі системи автоматично регулюють тиск або частоту імпульсів у кожній секції штанги (а іноді навіть у кожній форсунці), що дає змогу підтримувати стабільну норму внесення по всій ширині захвату навіть під час поворотів [2].

Моделювання руху штанги під час маневрування показало, що використання систем автоматичного керування нормою внесення дозволяє знизити коефіцієнт варіації рівномірності до 5–7 %, що відповідає вимогам ISO 5682-1. Без системи компенсації цей показник часто перевищує 20 %. Таким чином, впровадження систем індивідуального керування форсунками сприяє не лише підвищенню точності внесення, але й зниженню витрат препаратів та не-

гатиного екологічного навантаження.

Експериментальні дослідження, проведені на базі агротехнічної лабораторії, підтвердили значний вплив поворотних рухів на точність внесення. При виконанні поворотів із радіусом 10 м середня відхилення фактичної норми внесення на внутрішньому боці становила +18 %, а на зовнішньому — -15 % від заданої. Після активації системи автоматичного регулювання тиску різниця скоротилася до ± 5 %.

Отже, для забезпечення високої якості хімічного обробітку посівів необхідно враховувати динаміку руху обприскувача при маневруванні. Використання інтелектуальних систем компенсації швидкості руху під час поворотів є ефективним напрямом підвищення точності норм внесення робочої рідини, економії препаратів і зменшення екологічного навантаження на агроєкосистеми.

Поворотні рухи суттєво впливають на рівномірність внесення робочого розчину, спричиняючи перевищення або недовнесення до 30 %. Основними факторами впливу є радіус повороту, швидкість руху агрегату та ширина штанги. Використання автоматичних систем компенсації швидкості руху під час поворотів дозволяє знизити варіацію норми внесення до рівня менше 7 %, що відповідає міжнародним стандартам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gil, E., Escolà, A. (2020). Advanced technologies for the improvement of spray application techniques in precision agriculture. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(2), 50–63.
2. Langenakens, J., Vangeyte, J., & Ramon, H. (2018). Flow rate control for individual nozzles to compensate sprayer boom speed variations during turns. *Biosystems Engineering*, 174, 148–159.

УДК 631.3.62-93

Хандога М.С., магістрант, Заєць А.Ю., магістрант, Синяков А.П., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НОРМИ ВИЛИВУ ІЗ АВТОМАТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ СЕКЦІЙ ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ

У сучасних умовах підвищення вартості паливно-мастильних матеріалів, мінеральних добрив і засобів захисту рослин питання оптимізації витрат у сільськогосподарському виробництві набуває особливої актуальності. Одним із найефективніших напрямів підвищення економічної ефективності та екологічної стійкості агровиробництва є впровадження систем точного землеробства, зокрема технологій автоматизованого регулювання норми виливу робочої рідини та секційного контролю під час внесення агрохімікатів.

Традиційні обприскувачі, обладнані механічними або ручними системами керування, не забезпечують рівномірного розподілу робочого розчину по полю, особливо за змін рельєфу, швидкості руху машини чи при частковому перекритті смуг обробітку. Це призводить до перевитрати робочої рідини на окремих ділянках, зниження ефективності дії препаратів і забруднення навколишнього середовища. За даними досліджень, втрати засобів захисту рослин через нерівномірне внесення можуть становити від 5 до 15 % від загального обсягу препарату, що має суттєвий економічний ефект при великих площах обробітку.

Системи автоматичного регулювання норми виливу (rate control systems) дають змогу підтримувати стабільну норму внесення незалежно від зміни швидкості руху агрегату або тиску в системі. Такі системи працюють на основі електронного контролера, який, отримуючи сигнали від датчиків швидкості, тиску та витрати, автоматично регулює витрату через електроклапани або секційні регулятори. У поєднанні з GPS-навігацією або системами автоматичного ведення трактора вони забезпечують точне накладання смуг обприскування та мінімізацію перекриттів.

Автоматичний контроль секцій (section control) є наступним етапом розвитку технологій точного внесення. Його суть полягає у тому, що окремі секції штанги обприскувача автоматично вмикаються або вимикаються при входженні чи виході із зони, яка вже була оброблена. Це відбувається за сигналами від GPS-приймача, що визначає координати агрегату та межі вже обприсканої ділянки. Таким чином, усувається дублювання обробітку на стиках гону, при розворотах або на неправильних контурах поля.

Результати випробувань сучасних систем автоматичного секційного контролю свідчать, що вони дозволяють зменшити витрати робочої рідини в середньому на 5–10 %, а на полях зі складною конфігурацією — до 15 %. Крім економії препаратів, це зменшує навантаження на довілля та ризик фітотоксичності культур. За рахунок точнішого дотримання норми внесення також підвищується ефективність дії препаратів і стабільність урожайності.

На ринку представлені різні системи регулювання норми виливу та секційного контролю від провідних виробників — John Deere, Raven, TeeJet, Trimble, Amazone, Hardi, Lemken тощо. Їхні рішення можуть бути інтегровані як у нові машини, так і дообладнані наявну техніку через ISOBUS-шину або окремі контролери. Наприклад, система Raven AutoBoom забезпечує автоматичне керування секціями штанги, а контролер TeeJet RADAR 8400 дозволяє регулювати норму виливу в режимі реального часу відповідно до швидкості руху трактора.

Важливо, що окупність таких систем є відносно короткою. За оцінками виробників і аграрних підприємств, при площі обробітку понад 1000 га інвестиції у систему автоматичного контролю секцій повертаються протягом 1–2 сезонів за рахунок економії засобів захисту рослин і палива. Додатковими перевагами є зниження навантаження на оператора, підвищення точності виконання технологічних операцій і можливість документування внесення для подальшого аналізу.

Таким чином, використання систем регулювання норми виливу із автоматичним контролем секцій є ефективним засобом зменшення витрат у рослинництві. Їхнє впровадження сприяє підвищенню економічної ефективності виробництва, забезпечує точність виконання технологічних процесів, зменшує негативний вплив на довкілля та створює передумови для переходу до більш сталих і цифрових форм управління агротехнологіями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Grella, M.; Gioelli, F.; Marucco, P.; Zwervaegher, I.; Mozzanini, E.; Mylonas, N.; Nuytens, D.; Balsari, P. Field Assessment of a Pulse Width Modulation (PWM) Spray System Applying Different Spray Volumes: Duty Cycle and Forward Speed Effects on Vines Spray Coverage. *Precis. Agric.* 2022, 23, 219–252.
2. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
3. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.

УДК 631.3.62-93

Заєць А.Ю., магістрант, Синяков А.П., магістрант, Хандога М.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ НОРМИ ВИЛИВУ ІЗ АВТОМАТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ СЕКЦІЙ НА РІВНОМІРНІСТЬ ТА ТОЧНІСТЬ ВНЕСЕННЯ

Розглянуто вплив сучасних систем автоматичного регулювання норми виливу робочої рідини з індивідуальним або секційним контролем на показники рівномірності та точності внесення засобів захисту рослин і рідких добрив. Проаналізовано принцип роботи автоматизованих систем контролю подачі, наведено порівняння із традиційними системами регулю-

вання, визначено фактори, що впливають на стабільність подачі робочого розчину за змінних умов руху агрегату.

Однією з ключових вимог сучасного точного землеробства є забезпечення рівномірності розподілу робочої рідини по всій площі обробітку. Нерівномірність внесення пестицидів або добрив призводить до перевитрат ресурсів, зниження ефективності технологічних операцій та збільшення негативного впливу на довкілля. Тому актуальним є впровадження систем автоматичного регулювання норми виливу з функціями контролю секцій або індивідуальних розпилювачів [1].

Традиційні системи внесення забезпечують сталу норму лише за умови постійної швидкості руху. У разі зміни швидкості агрегату подача робочої рідини не встигає адаптуватися, що призводить до перевищення або заниження фактичної норми внесення. Сучасні системи регулювання із застосуванням електронних контролерів та датчиків швидкості дозволяють у режимі реального часу змінювати тиск або частоту обертання дозувальних насосів відповідно до швидкості руху агрегату, підтримуючи стабільну витрату на гектар.

Використання автоматичного секційного контролю дозволяє уникнути перекриттів під час роботи на полях неправильної форми або при русі в місцях поворотів. За допомогою GPS-навігації система визначає положення обприскувача в полі та автоматично вимикає окремі секції штанги у вже оброблених зонах. Це не лише підвищує точність внесення, але й дозволяє скоротити витрати робочого розчину на 5–10 % залежно від конфігурації ділянки [2].

Індивідуальне керування розпилювачами, реалізоване через електромагнітні клапани або системи типу PWM (Pulse Width Modulation), забезпечує ще вищу точність дозування. Застосування імпульсного керування дозволяє підтримувати постійну норму внесення без зміни тиску в системі, що покращує стабільність факела розпилу і запобігає утворенню крапель різного розміру. Це особливо важливо при роботі з препаратами, чутливими до розміру краплі, або в умовах вітрового навантаження.

Полеві дослідження свідчать, що використання систем з автоматичним регулюванням і секційним контролем дозволяє підвищити рівномірність внесення на 8–15 % у порівнянні з традиційними системами, а коефіцієнт варіації розподілу робочої рідини знижується до 5–7 %. Крім того, зменшується кількість помилок оператора, адже система виконує більшість налаштувань автоматично, враховуючи швидкість руху, тиск, тип форсунок та параметри карти поля [3].

Ефективність роботи систем автоматичного регулювання залежить від правильності калібрування, стабільності гідравлічної системи, точності GPS-сигналу та стану електронних компонентів. Для забезпечення високої точності внесення необхідно регулярно перевіряти технічний стан клапанів, датчиків витрати, фільтрів та форсунок, а також проводити тестування на рівномірність розподілу на спеціальних стендах.

Загалом, автоматичні системи контролю норми виливу та секційного керування сприяють підвищенню ефективності технологічного процесу, економії матеріальних ресурсів та зменшенню екологічного навантаження на агроєкосистеми. Впровадження таких систем є одним із ключових напрямів розвитку точного землеробства та цифрової трансформації аграрного виробництва.

Системи автоматичного регулювання норми виливу забезпечують стабільність дозування за змінних умов руху агрегату, підвищуючи рівномірність внесення на 8–15 %. Застосування секційного та індивідуального контролю розпилювачів дозволяє уникнути перекриттів і перевитрат робочої рідини до 10 %. Використання технологій GPS та PWM підвищує точність внесення і якість обприскування, що сприяє ефективнішому використанню ЗЗР та добрив. Регулярне технічне обслуговування систем є необхідною умовою для збереження високої точності і надійності роботи..

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Grella, M.; Gioelli, F.; Marucco, P.; Zwervaegher, I.; Mozzanini, E.; Mylonas, N.; Nuyttens,

- D.; Balsari, P. Field Assessment of a Pulse Width Modulation (PWM) Spray System Applying Different Spray Volumes: Duty Cycle and Forward Speed Effects on Vines Spray Coverage. *Precis. Agric.* 2022, 23, 219–252.
2. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
3. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.

УДК 631.35

Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Канівець В.Р., магістр; СНАУ, Суми, Україна

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЯКІСТЬ ОБРІЗАННЯ БАДИЛЛЯ МОРКВИ ПРИ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗБИРАННІ

Ключові слова: обрізання бадилля, збирання коренеплодів, конструкційні фактори, технологічні режими, якість зрізу, агробіологічні особливості, мінімізація втрат.

1. Вступ та актуальність проблеми. Якість обрізання бадилля коренеплодів моркви є одним із критичних показників, що безпосередньо впливає на товарність урожаю, мінімізацію втрат і загальну ефективність роботи збиральних машин. Нерівномірний або неякісний зріз не лише погіршує зовнішній вигляд моркви, але й може призводити до механічних пошкоджень її поверхні, що знижує лежкість і збільшує втрати врожаю. Досягнення високої якості зрізу вимагає комплексного врахування трьох груп взаємопов'язаних чинників: конструкційних, технологічних та агробіологічних.

2. Конструкційні фактори та їх вплив на якість зрізу. Конструкційні параметри обрізного апарату визначають фізичну взаємодію робочого органу з рослинним матеріалом. До них відносяться:

- Тип робочого органа: вибір між ножовими, дисковими, щітковими чи комбінованими обрізниками повинен ґрунтуватися на сортових особливостях моркви та умовах збирання.
- Геометричні параметри ножів: кут заточування, товщина, радіус кривизни та довжина леза повинні бути оптимально співвіднесені. Ці параметри впливають на необхідну силу зрізу та чистоту відокремлення бадилля.
- Кінематичні параметри: частота обертання та лінійна швидкість обрізного елемента є критичними. Надмірна швидкість може спричинити розрив або розщеплення коренеплоду через ударне навантаження. Недостатня швидкість призводить до неповного або "кошлатого" видалення бадилля.
- Позиціонування зрізу: висота зрізу відносно верхньої частини коренеплоду та відстань між робочими елементами повинні забезпечувати чистий зріз без пошкодження головки моркви (що є джерелом інфекції при зберіганні) та повне видалення гички.

Оптимальна взаємодія цих параметрів є запорукою чистого зрізу з мінімальними енергетичними витратами.

3. Режими роботи: Технологічні фактори.

Технологічні фактори включають параметри налаштування та експлуатації збиральної машини:

- Швидкість руху агрегату: Це найбільш значущий фактор. Дослідження доводять, що при робочій швидкості понад 2,5–3,0 км/год різко знижується точність позиціонування коренеплодів у зоні обрізання. Це призводить до нерівномірного зрізу, збільшення кількості недообрізаних або, навпаки, занадто сильно обрізаних коренеплодів.
- Узгодженість кінематики: Необхідна чітка синхронізація між швидкістю руху машини, швидкістю транспортера, роботою теребильного механізму (який подає коренеплід) та

обрізним вузлом. Будь-яка розбіжність призводить до нестабільності положення моркви під час зрізу.

- Чистота поверхні моркви та робочих органів: Ступінь очищення моркви від ґрунту перед подачею до обрізника та своєчасне очищення робочих елементів від налиплих рослинних залишків є критичним. Бруд та залишки можуть погіршувати якість зрізу та спричиняти забивання механізмів.

- Вологість і стан гички: Залежно від вологості бадилля (яка може змінюватися протягом дня), можуть вимагатися оперативні корективи в кінематиці обрізного апарату.

4. Агробіологічні особливості рослинного матеріалу

Якість зрізу суттєво залежить від агробіологічних характеристик самої моркви:

- Розмір коренеплоду: діаметр і довжина коренеплоду впливають на його стабільність у транспортері та зону контакту з обрізником.

- Пружність і щільність бадилля: морква з м'яким або вологим бадиллям вимагає меншої сили для зрізу. Навпаки, перезрілі рослини або ті, що вирощувалися в умовах посухи, мають підвищену жорсткість гички, що ускладнює зрізання і може вимагати комбінованих обрізних елементів.

- Вологість тканин і сортові особливості: сортова належність визначає форму, біологічні та фізико-механічні властивості коренеплоду.

Врахування цих факторів дозволяє вибрати або налаштувати обрізник таким чином, щоб забезпечити його адаптивність до конкретних умов збирання.

5. Висновки та перспективи досліджень.

Якість обрізання бадилля є інтегральним результатом взаємодії конструкційно-технологічних параметрів та властивостей рослинного матеріалу. Для забезпечення стабільного та ефективного процесу необхідно:

1. Встановити раціональні режими роботи (особливо швидкість руху) обрізника.
2. Забезпечити безперервне очищення робочих органів.
3. Використовувати апарати з можливістю оперативного регулювання кінематики залежно від сорту та стану бадилля.

Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на розробку математичної моделі процесу обрізання. Така модель дозволить кількісно врахувати взаємодію робочих органів із коренеплодом та визначити оптимальні конструкційні параметри обрізних апаратів для різних сортових груп моркви, що значно підвищить ефективність механізованого збирання.

УДК 631.358.3

Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Канівець В.Р., магістр; СНАУ, Суми, Україна

КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБРІЗНИКІВ ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ

Ключові слова: Збирання моркви, обрізання бадилля, теребильні машини, викопувальні машини, коренеплоди, механізація, якість зрізу.

Операція обрізання бадилля є критичним етапом механізованого збирання моркви. Від якості її виконання безпосередньо залежить цілісність коренеплодів, рівень забруднення продукції, а також ефективність подальших логістичних процесів – транспортування, сортування та зберігання. Метою цієї роботи є аналіз існуючих технологічних схем та класифікація обрізних механізмів для визначення ключових напрямів їхнього вдосконалення.

Технологічні схеми обрізання бадилля. На сучасному етапі розвитку овочівництва застосовуються два основні типи збиральних машин, які визначають конструкцію і принцип дії обрізних механізмів:

1. Викопувальні машини:

- Обрізання бадилля відбувається після вилучення коренеплодів із ґрунту.
- Використовуються роторні або ножові обрізники.
- Переваги: простота конструкції та легкість регулювання висоти зрізу.
- Недоліки: можливість пошкодження коренеплодів при неправильному налаштуванні або надмірному натисканні ножів.

2. Теревильні машини:

- Обрізання відбувається під час витягування моркви із ґрунту.
- Використовуються гумові транспортери із захоплювачами або щіткові барабани, які утримують коренеплід за бадилля.
- Переваги: висока продуктивність завдяки поєднанню процесів підкопування, витягування та обрізання.
- Обрізні механізми: ножові, дискові або барабанні.

Класифікація та конструкційні особливості обрізників

Залежно від конструкції робочого органа, обрізники бадилля поділяються на такі основні типи:

- Ножові: Забезпечують чистий зріз, але потребують точного налаштування параметрів роботи (висота, швидкість).
- Щіткові: Дозволяють одночасно очищати коренеплід від залишків ґрунту, проте можуть залишати частину бадилля.
- Дискові: Характеризуються стабільною роботою на високій швидкості, але мають підвищений рівень зношування.
- Комбіновані: Поєднують переваги ножового та щіткового елементів для досягнення оптимальної якості зрізу.

Особлива увага приділяється обрізникам залишків гички, що лишається на головках коренеплодів. За принципом зрізання вони класифікуються на чотири основні типи залежно від комбінації активного/пасивного копіра та активного/пасивного ножа. Ця система забезпечує максимально точний зріз, мінімізуючи втрати.

Напрями удосконалення та висновки. Аналіз експлуатаційного досвіду збиральної техніки показує, що подальші дослідження та розробки мають бути спрямовані на такі ключові аспекти:

1. Підвищення якості: Покращення якості зрізу при одночасному мінімізуванні пошкоджень коренеплоду.
2. Енергоефективність: Зниження енергоспоживання технологічного процесу обрізання.
3. Автоматизація: Розробка систем автоматичного регулювання висоти та кута зрізу залежно від розмірів та форми коренеплодів, що дозволить зменшити втрати продукції.
4. Оптимізація роботи: Вибір раціональних режимів роботи та узгодження кінематичних характеристик обрізника з іншими вузлами збиральної машини.

Висновки: Подальша оптимізація конструкційних параметрів обрізників є необхідною умовою для забезпечення високої якості відокремлення бадилля, що є критичним для довгострокового зберігання моркви та загальної ефективності її збирання.

УДК 631.3.62-93

Касьян Я.С., магістрант, Косенко С.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ ПОВОРОТНИХ РУХІВ НА РІВНОМІРНІСТЬ ВИСІВУ СІВАЛКИ

Розглянуто вплив поворотних рухів агрегату на рівномірність висіву насіння просапними сівалками. Визначено основні чинники, що спричиняють зміну норми висіву під час руху по криволінійній траєкторії. Подано результати досліджень, які свідчать про істотне зниження рівномірності висіву на поворотах і необхідність застосування систем компенсації швидкісної різниці між рядками.

Рівномірність розміщення насіння у рядку є одним із ключових показників якості сівби, що визначає густоту стояння рослин, рівномірність їх розвитку та майбутню врожайність. Під час роботи просапних сівалок на полях зі складною конфігурацією або при виконанні поворотів агрегату виникає нерівномірність висіву, спричинена різницею у швидкості руху окремих висівних секцій. Навіть за наявності сучасних систем контролю висіву, ця проблема залишається актуальною і потребує подальшого вивчення [1].

Для оцінювання впливу поворотних рухів проведено експериментальні спостереження за роботою просапної сівалки з електроприводами висівних секцій. Під час руху агрегату з різними радіусами повороту та сталою швидкістю оцінювалися зміни у фактичній відстані між висіяним насінням. Дані реєструвалися за допомогою системи контролю висіву, що дозволяло аналізувати відхилення фактичної відстані від заданої.

Під час руху по поворотній траєкторії внутрішні ряди сівалки проходять коротший шлях і мають меншу лінійну швидкість, тоді як зовнішні — більшу. Якщо частота обертання висівних апаратів залишається сталою, то в результаті на внутрішніх рядках спостерігається загушення посіву, а на зовнішніх — розрідження. Це призводить до зниження рівномірності розподілу насіння, погіршення умов для росту рослин та зменшення потенційної врожайності.

Отримані результати показали, що при поворотах із невеликим радіусом відхилення фактичної відстані між насінинами від заданої можуть сягати 25–30% у крайніх рядках. Із збільшенням радіуса повороту ці відхилення зменшуються, проте залишаються суттєвими для забезпечення рівномірного висіву. Для середніх рядків нерівномірність становила не більше 10%.

Нерівномірність розміщення насіння безпосередньо впливає на формування густоти стояння рослин, що у свою чергу визначає рівномірність розвитку культури. Надмірне загушення у внутрішніх рядках створює конкуренцію за вологу та поживні речовини, тоді як розрідження у зовнішніх — призводить до недовикористання площі живлення. Таким чином, поворотні рухи агрегату мають суттєвий вплив на агротехнічну якість сівби.

Для усунення цього недоліку доцільним є впровадження систем автоматичного регулювання частоти обертання висівних апаратів залежно від поточної траєкторії руху. Такі системи використовують дані GPS-навігації та дозволяють змінювати швидкість обертання електроприводів кожної секції індивідуально, забезпечуючи стабільну норму висіву навіть при русі по кривих ділянках поля [2].

Отримані дані підтверджують, що для підвищення рівномірності висіву в умовах поворотних рухів необхідно враховувати кінематичні особливості роботи агрегату. Використання електроприводів із автоматичною зміною частоти обертання є перспективним напрямом розвитку систем точного висіву. Такі технології дають можливість адаптувати роботу кожної висівної секції до конкретних умов руху, що особливо важливо для сівби на полях складної форми або з перешкодами, які потребують частих поворотів.

Додатково важливим є належне калібрування системи, своєчасна перевірка датчиків висіву та усунення люфтів у приводних механізмах. Комплексне застосування технічних і програмних засобів дає змогу мінімізувати вплив поворотних рухів і забезпечити стабільну якість посіву навіть у складних польових умовах.

Поворотні рухи агрегату є однією з основних причин зниження рівномірності висіву насіння просапними сівалками. Різниця в швидкості руху між внутрішніми та зовнішніми рядками призводить до нерівномірного розподілу насіння по довжині рядка. Впровадження систем автоматичного регулювання частоти обертання висівних апаратів забезпечує стабільність норми висіву навіть при роботі на криволінійних ділянках. Результати дослідження можуть бути використані при розробленні рекомендацій щодо вдосконалення систем точного висіву та підвищення ефективності сівалок нового покоління.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барановський, В. М. Сівалки точного висіву: конструкції, принципи роботи, тенденції

розвитку. — Київ: НУБіП України, 2021. — 152 с.

2. Shuliak, M., Chepizhnyi, A., Khvorost, T., Sokolik, S., & Murchych, M. (2025). Determination of rational conditions for the movement of transport and technological units when using technological machines with driving wheels. *Technology audit and production reserves*, 3(2), 20–27.

УДК 631.3.62-93

Косенко С.С., магістрант, Касьян Я.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ НА ЯКІСТЬ ПОСІВУ

Якість посіву є однією з основних умов досягнення високої продуктивності сільськогосподарських культур та оптимального використання агротехнічних ресурсів. Рівномірність розподілу насіння у рядку та міжряддях безпосередньо впливає на густоту стояння рослин, їхню схожість та потенційний урожай. Недотримання технологічних норм висіву призводить до втрат продуктивності та погіршення якості майбутнього врожаю. В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва застосування автоматизованих систем контролю висіву стає критично важливим, адже вони забезпечують точність, оперативність і ефективність проведення посівних робіт.

Сучасні сівалки оснащуються електронними та сенсорними системами контролю висіву, які дозволяють відстежувати проходження насіння через висівний апарат у реальному часі. Сенсорні модулі фіксують пропуски насіння, подвійний висів та швидкість руху агрегату. Обробка цих даних комп'ютерним блоком дозволяє оператору негайно коригувати роботу висівного механізму, що зменшує відхилення від встановленої норми висіву та підвищує рівномірність посіву по всій площі поля.

Рівномірність висіву визначається не тільки роботою систем контролю, а й конструкцією сівалки, типом та якістю насіння, станом ґрунту, погодними умовами та швидкістю руху агрегату. Встановлено, що використання автоматичних систем контролю висіву дозволяє знизити відхилення фактичної густоти стояння рослин від нормативної на 10–15 % у порівнянні з механічним регулюванням [1]. Крім того, автоматизація процесу зменшує втрати насіння, які можуть сягати 5–7 % при нерегульованому висіві. Зменшення таких втрат є важливим фактором економічної ефективності, особливо при висіві дорогого насіння зернових та овочевих культур.

Особливе значення мають інтегровані системи контролю висіву, які працюють у зв'язці з GPS-навігацією та агрономічними картами поля. Вони забезпечують не лише контроль кількості насіння, а й точне його розміщення відповідно до зон родючості ґрунту та технологічних карт. Такий підхід дозволяє оптимізувати витрати насіння та добрив, підвищити ефективність використання ресурсів і забезпечити рівномірне стояння рослин у межах всієї площі. Крім того, ці системи можуть накопичувати дані для подальшого аналізу, що сприяє плануванню агротехнічних заходів у наступних посівних кампаніях [2].

Сучасні системи контролю висіву мають низку додаткових функцій: сигналізацію про пропуски або подвійний висів, автоматичне регулювання висіву на поворотах, схилах та нерівностях поля, збереження історії роботи висівного апарату та інтеграцію з іншими системами точного землеробства. Вони підвищують не тільки якість посіву, а й безпеку та зручність роботи оператора. Використання таких систем особливо важливе при роботі на великих полях або у складних ґрунтово-кліматичних умовах, де ручне регулювання висіву є практично неможливим.

Досвід впровадження систем контролю висіву показує, що точність посіву безпосередньо впливає на рівень урожайності. Рівномірний розподіл насіння сприяє оптимальному розвитку кореневої системи рослин, зменшує конкуренцію між ними за воду та поживні речовини, підвищує стійкість до захворювань і шкідників. Таким чином, автоматизовані системи контролю висіву не тільки економлять матеріальні ресурси, а й сприяють стабільному під-

вищенню врожайності та ефективності сільськогосподарського виробництва в цілому.

Висновки: системи контролю висіву є ефективним інструментом підвищення якості посіву, мінімізації технологічних втрат насіння та оптимізації густоти стояння рослин. Інтеграція таких систем із GPS-навігацією та агрономічними картами підвищує точність посіву, економить ресурси та сприяє впровадженню технологій точного землеробства. Подальший розвиток автоматизації та цифровізації сільського господарства робить використання систем контролю висіву перспективним і необхідним напрямом модернізації агропромислового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петренко В.І., Кравченко О.П. Точний посів і системи контролю висіву: монографія. – Київ: НАУ, 2021. – 152 с.
2. Шевченко М.С., Литвиненко Т.О. Системи точного землеробства: сучасний стан та перспективи впровадження // Агроінженерія. – 2020. – №3. – С. 45–53.

УДК 631.3:633.34(477.52)

Кладковий Р.Ю., магістрант, Сумський НАУ, м. Суми, Україна

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СІВБИ СОЇ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Соя є провідною бобовою культурою в аграрному секторі України, забезпечуючи значний внесок в експортні надходження та внутрішнє забезпечення білковими кормами, харчовими продуктами та сировиною для промисловості. Україна займає помітні позиції на глобальному ринку сої, з прогнозованими обсягами виробництва 5,8–7,6 млн тонн у 2025/2026 маркетинговому році, що робить її перспективним експортером з потенціалом зростання до 5–6 млн тонн. Ефективність вирощування залежить від механізації, зокрема сівби, в умовах кліматичних змін та геополітичних викликів, де традиційні методи втрачають продуктивність через ресурсні обмеження. Механізація сівби оптимізує розміщення насіння, зменшує втрати та підвищує врожайність на 15–25%, що критично для конкурентоспроможності агробізнесу. У Сумській області, в зоні Лісостепу з помірно-континентальним кліматом (опаді 550–650 мм/рік, температури від -8-10°C взимку до +20-22°C влітку), соя – перспективна культура завдяки родючим чорноземам. Кліматичні виклики, як заморозки чи посухи, ускладнюють сівбу. Площа посівів зросла з 20–30 тис. га у 2000–2010 рр. до 80–100 тис. га у 2015–2025 рр., але у 2022 р. зменшилася через війну, відновившись до 2,4–3 млн га по країні у 2023–2025 рр. Частка Сумщини в продажах сої знизилася з 2–3% у 2019–2020 рр. до 1,5–2% у 2023–2025 рр. через логістику та конфлікт. Метою тези є аналіз теоретичних і практичних аспектів машинного забезпечення сівби сої в Сумській області, демонструючи ефективність та адаптацію до локальних умов, з акцентом на точне землеробство та ресурсозбереження.

Механізація сівби сої – системний підхід, інтегруючи техніку в біологічні процеси для максимальної продуктивності. Теоретичні моделі передбачають спеціалізовані сівалки для точного висіву, підвищуючи схожість на 10–15% та зменшуючи втрати насіння. У Сумщині обробіток ґрунту перед сівбою ключовий: оранка на 18–20 см забезпечує врожайність 3,2–3,5 т/га (2023–2025 рр.), з запасом вологи 140–160 мм. No-till зменшує ерозію, зберігаючи структуру ґрунту (щільність 1,15–1,25 г/см³), але вимагає управління залишками для уникнення хвороб. Переваги – стандартизація, економія ресурсів (зниження витрат пального на 15–20%), недоліки – ризик деградації ґрунту та викиди CO₂ від техніки. Порівняно з органічними методами, механізовані підвищують вихід на 20–30%, але потребують інвестицій. Для сівби використовують сівалки точного висіву (Turbosem, MONOSEM NG Plus), забезпечуючи щільність 400–500 тис. рослин/га, підвищуючи врожайність на 15–20%. GPS зменшує перевитрати насіння на 8–12%, але висока вартість – обмеження. На Сумщині оптимальна гли-

бина сівби – 3–5 см на важких ґрунтах, з нормою 100–150 кг/га залежно від гібриду. Удобрення інтегрується з сівбою комбінованими агрегатами, вносячи азот (80–120 кг/га), фосфор (50–70 кг/га), калій (30–50 кг/га), що підвищує врожайність на 10–15%. Захист насіння – інкрустація перед сівбою. Дрони для моніторингу полів дозволяють коригувати сівбу в реальному часі, економлячи 10–15% ресурсів. Збирання – комбайни (CLAAS Lexion), втрати 4–6% при вологості 12–14%. Післязбиральна – сушарки (Mecar), знижують вологість до 12–14%. Аналіз показує: механізація сівби змістилася до GPS та дронів, але війна обмежує прогрес, втрати техніки 40–50%. Порівняно з ЄС та США, де AI підвищує ефективність на 25–30%, Україна відстає через та брак інвестицій. Прогалини: недостатня адаптація до вологості Сумщини (ризик перезволоження) та воєнних ризиків (логістика). Перспективи: інтеграція 5G, спектральних сенсорів та гібридних систем для точного землеробства, зменшення екологічних ризиків через no-till та біо-методи.

Механізація сівби сої в Сумщині підвищує продуктивність та ефективність, але потребує адаптації до кліматичних і воєнних викликів. Інтеграція AI, дронів та ресурсозберігаючих технологій є ключем до сталого розвитку аграрного сектору, забезпечуючи конкурентоспроможність та екологічну сталість.

УДК 631.3:633.34(477.52)

Кладковий Я.Ю., магістрант, Сумський НАУ, м. Суми, Україна

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБПРИСКУВАННЯ ПОСІВІВ СОЇ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Соя є центральною бобовою культурою в аграрній економіці України, забезпечуючи валютні надходження від експорту та постачання білковими кормами, олією та промисловою сировиною. Україна займає вагомі позиції на світовому ринку сої, з прогнозованим врожаєм 5,8–7,6 млн тонн у 2025/2026 маркетинговому році, що позиціонує її як перспективного експортера з потенціалом 5–6 млн тонн вивозу. Продуктивність вирощування залежить від механізації, зокрема обприскування, в умовах кліматичних трансформацій та геополітичних викликів, де традиційні методи втрачають ефективність через ресурсні обмеження. Механізація обприскування оптимізує нанесення засобів захисту рослин (ЗЗР), скорочує витрати та підвищує врожайність на 15–25%, що вирішально для конкурентоздатності агросектору. У Сумській області, в лісостеповій зоні з помірно-континентальним кліматом (опаді 550–650 мм/рік, температури від -8-10°C взимку до +20-22°C влітку), соя – обнадійлива культура завдяки чорноземам. Кліматичні проблеми, як приморозки чи посухи, ускладнюють вирощування. Площа посівів зросла з 20–30 тис. га у 2000–2010 рр. до 80–100 тис. га у 2015–2025 рр., але у 2022 р. скоротилася через війну, відновившись до 2,4–3 млн га по країні у 2023–2025 рр. Частка Сумщини в реалізації сої зменшилася з 2–3% у 2019–2020 рр. до 1,5–2% у 2023–2025 рр. через логістику та конфлікт. Метою тези є аналіз теоретичних і практичних аспектів машинного забезпечення обприскування посівів сої в Сумській області, демонструючи ефективність та адаптацію до локальних умов.

Теоретичні основи механізації. Механізація обприскування сої – комплексний метод інтеграції техніки в біологічні цикли для максимальної продуктивності. Теоретичні моделі передбачають спеціалізовані обприскувачі для точного нанесення ЗЗР, підвищуючи ефективність захисту на 10–15% та зменшуючи втрати від шкідників. У Сумщині обробіток ґрунту перед обприскуванням ключовий: оранка на 18–20 см забезпечує врожайність 3,2–3,5 т/га (2023–2025 рр.), з запасом вологи 140–160 мм. No-till зменшує ерозію, але вимагає управління залишками. Переваги – стандартизація та ресурсозбереження, недоліки – деградація ґрунту та викиди CO₂.

Машинне забезпечення для технологічних процесів. Обприскування використовує самхідні обприскувачі (John Deere R4045, Case IH Patriot), з PWM-технологією для точного роз-

пилювання, зменшуючи втрати ЗЗР на 20–30% та підвищуючи ефективність на 15–25%. У Сумщині оптимальне обприскування на стадії 2–4 листків, з дозуванням 200–300 л/га, враховуючи вологість. Дрони (DJI Agras T30) дозволяють точне нанесення в важкодоступних зонах, економлячи 10–15% ресурсів, але обмежені регуляціями. Удобрення інтегрується з обприскуванням комбінованими агрегатами, вносячи азот (80–120 кг/га), фосфор (50–70 кг/га), калій (30–50 кг/га). Захист включає біологічні альтернативи для зменшення екологічних ризиків. Збирання – комбайни (CLAAS Lexion), втрати 4–6%. Післязбиральна – сушарки (Месмар), знижують вологість до 12–14%. Аналіз показує: механізація змістилася до АІ та дронів, але війна обмежує, втрати техніки 40–50%. Порівняно з ЄС та США, де See & Spray підвищує ефективність на 25–30%, Україна відстає. Прогалини: недостатня адаптація до вологості Сумщини та воєнних ризиків. Перспективи: інтеграція 5G, спектральних сенсорів та гібридних систем для сталості.

Висновок: Механізація обприскування сої в Сумщині підвищує ефективність, але потребує адаптації до клімату та війни. Інтеграція АІ, дронів та біо-технологій – ключ до конкурентоспроможності.

УДК 631.3

Кожушко А.П., професор, СНАУ, Суми, Україна

PREREQUISITES FOR THE IMPLEMENTATION OF HYBRID TRANSMISSIONS IN EARTHMOVING MACHINERY

The main driving factor behind analysing and assessing the prospects for developing earthmoving machinery designs is the challenging situation regarding the protection of infrastructure facilities, which requires urgent improvements to the technical and operational characteristics of specialised engineering and construction equipment. However, addressing this issue highlights the limitations of traditional structural and technological solutions in the design of transmission systems for engineering and construction machinery. Therefore, it is impossible to achieve progressive improvements in the performance of such machines without establishing a solid theoretical foundation. Over the past decade, there has been a global trend towards implementing alternative transmission systems that employ hydrostatic and/or electric drives in specialised equipment based on automotive chassis, agricultural tractors or self-propelled platforms. This trend is primarily driven by the need to reduce environmental pollution and declining fossil fuel reserves. Hybridisation has reached a high level of maturity in the automotive industry, providing a strong impetus for its adoption in related sectors. Manufacturers around the world are experimenting with hydraulic and electric drive technologies to improve the performance and adaptability of modern equipment.

Earthmoving engineering and construction machinery is used in both the civilian and military sectors to perform a variety of tasks, including engineering reconnaissance, preparing positions, trench excavation, clearing debris, installing obstacles and constructing defensive structures. They must combine high mobility, autonomy and protection with the ability to operate in extreme conditions such as combat zones, minefields and difficult terrain. Depending on their working equipment, earthmoving machines can be classified as follows: bucket-type (for excavating pits and carrying out loading operations); chain-type (for trenching and installing obstacles); rotary-type (for high-performance excavation and moving and loading large volumes of soil and rock); milling-type (for cutting, loosening, crushing and processing soils and hard surfaces); grab-type (for digging, lifting and moving loose, plastic or water-saturated soils, as well as loading and unloading materials).

Implementing a hydrostatic–mechanical transmission in the design of an earthmoving trenching machine greatly improves energy efficiency, controllability and drive reliability in challenging operating conditions. This type of transmission combines the benefits of hydraulic regulation and mechanical efficiency, which is particularly important for machines that operate under variable loads and require precise control of speed and torque. The operational advantages of such a system include reduced fuel consumption through optimised engine performance, lower wear of transmission

components due to fewer frictional connections, and the possibility of implementing automated or remote control systems. The functional characteristics of the hydraulic drive make it suitable not only as a propulsion system, but also as a drive for working tools, especially in applications where independent control of cutting drums, chains or screw-type working elements is essential.

The need to increase the energy efficiency, environmental friendliness and automation of mobile machines is driving the active development of electromechanical transmissions, which are often implemented in the form of hybrid systems. These transmissions combine an internal combustion engine with an electric drive and an energy storage device (such as a battery or supercapacitor), enabling the machine to adapt its operation effectively to different conditions. The key advantages of electromechanical transmissions are high flexibility and adaptability to variable loads, increased traction control and working body accuracy, the ability to drive the chassis and attachments separately, reduced wear on the transmission's mechanical components and suitability for automated and remote control.

УДК 631.3.62-93

Лазоренко О.В., магістрант, Вольвач М.М., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ОБПРИСКУВАННЯ

Поточна робота зосереджена на підвищенні точності регулювання норми внесення робочої рідини у польових обприскувачах шляхом використання швидкодіючих пропорційних клапанів, що дозволяють мінімізувати похибки, спричинені змінами швидкості руху агрегату.

Безперервний розвиток технологій у сфері застосування пестицидів сприяв створенню широкого спектра препаратів, які відіграють ключову роль у задоволенні сучасних споживчих потреб і забезпеченні належного рівня продовольчої безпеки. Водночас ці засоби, попри їхню значну користь для захисту та стимулювання росту культур, становлять потенційну загрозу для довкілля і здоров'я живих організмів, зокрема людини. Забезпечення стабільної норми внесення на кожну одиницю площі є критично важливим для раціонального використання пестицидів у процесі обприскування, адже порушення рівномірності розподілу зменшує ефективність дії препаратів і сприяє накопиченню небажаних залишків поза цільовими зонами [1].

Неправильне використання пестицидів може спричинити наявність їхніх залишків у повсякденних продуктах споживання, зокрема у готових стравах, питній воді, вині, соках і тваринних кормах. Ряд чинників, пов'язаних із конструкцією обладнання та методами його експлуатації, впливає на рівномірність покриття та результативність розпилення хімічних речовин. Важливу роль відіграють такі показники, як швидкість руху агрегату, тип розпилювача й розмір крапель, адже вони визначають якість нанесення, ефективність дії препарату та ризик дрейфу розпиленого аерозолі. Встановлено, що підвищення швидкості призводить до формування більшої кількості дрібнодисперсних частинок, що збільшує ймовірність знесення пестицидів повітряними потоками [2].

Численні наукові роботи підтверджують, що під час збільшення швидкості руху тракторів посилюється дрейф хімікатів і знижується рівень покриття оброблюваної поверхні. Крім цього, з часом у шкідливих організмів може з'являтися резистентність, що зменшує ефективність захисних заходів. Досягнення бажаного результату під час обприскування можливе лише за умови застосування точно відкаліброваного обладнання, яким користуються кваліфіковані оператори. Натомість помилки, спричинені некоректним калібруванням машин, призводять до значних втрат — витрачаються тисячі галонів пестицидів і втрачаються мільярди доларів.

Дослідження, виконане у штаті Північна Дакота (США), засвідчило суттєві коливання у величинах норм внесення пестицидів. Встановлено, що близько 60% операторів перевищували або зменшували заплановану дозу більш ніж на 10%, а в окремих випадках відхилення

перевищували 30%. Основними причинами таких розбіжностей названо зношеність форсункових наконечників, некоректне калібрування обприскувального обладнання та неспроможність підтримувати стабільну швидкість потоку під час роботи на полі [3].

Точне регулювання норми розпилення розглядається як ключовий чинник ефективного використання пестицидів. Класичні обприскувачі, що функціонують на основі тиску й не оснащені системами автоматичного контролю, потребують від механізатора постійного регулювання як швидкості руху трактора, так і тиску в системі, аби зберігати стабільну подачу робочої рідини.

Для визначення витрати рідини в напірному контурі обприскувача застосовують різні типи витратомірів — турбінні, вихрові, електромагнітні та ультразвукові. Серед них ультразвукові сенсори набули найбільшого поширення завдяки високій чутливості та точності вимірювань. З розвитком технологій у сільськогосподарські машини почали інтегрувати контролери норми розпилення, що забезпечують автоматичне регулювання дозування за умов зміни швидкості під час виконання польових робіт.

Сьогодні у практиці аграрного обприскування та суміжних сферах активно застосовуються різні методи керування: PID-регулювання (пропорційно-інтегрально-диференціальне), нечітка логіка, системи на основі нейронних мереж та інтелектуальні алгоритми управління. Ці рішення зазвичай використовують пропорційні клапани для регулювання потоку робочої рідини у напірній магістралі. Водночас повільна реакція таких клапанів — час відкриття або закриття може сягати 15 секунд — створює небажану інерційність системи. При зміні швидкості руху агрегату це обмеження проявляється особливо помітно, що може спричинити як недовнесення, так і перевитрату робочого розчину [1, 3].

Висновок.

Коливання швидкості руху тракторів, що виникають під час роботи та посилюються експлуатаційними помилками, суттєво ускладнюють стабільне підтримання заданої швидкості. Водночас досягнення необхідної норми внесення має ключове значення для рівномірного покриття робочої поверхні пестицидами, підвищення ефективності обробки та забезпечення економічної доцільності процесу. Витрата робочої рідини (л/га) визначається залежно від об'єму подачі (л/хв) і швидкості руху агрегату (км/год). Отже, точність показників, що надходять від датчиків швидкості та витрати, а також коректна робота регулювальних клапанів, які відповідають за керування потоком, є вирішальними для зменшення похибок під час внесення препаратів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
2. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.
3. Grella, M.; Gioelli, F.; Marucco, P.; Zwervaeagher, I.; Mozzanini, E.; Mylonas, N.; Nuytens, D.; Balsari, P. Field Assessment of a Pulse Width Modulation (PWM) Spray System Applying Different Spray Volumes: Duty Cycle and Forward Speed Effects on Vines Spray Coverage. *Precis. Agric.* 2022, 23, 219–252.

УДК 631.3.62-93

Вольвач М.М., магістрант, Лазоренко О.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ НА ОБПРИСКУВАЧАХ

Метою даного дослідження є здійснення ґрунтового аналізу наукових праць, присвяче-

них впровадженню автоматизованих систем контролю процесів обприскування, а також визначення їхнього впливу на якісні показники внесення засобів захисту рослин.

Сучасне сільське господарство неможливо уявити без використання пестицидів і мінеральних добрив, які забезпечують ефективність і стабільність виробництва рослинницької продукції. З огляду на тенденції зростання вартості вхідних ресурсів та суттєві обсяги витрат на агрохімікати, що у 2019 році сягнули приблизно 11,5 мільярда доларів США на рік, підвищується зацікавленість у розробці технологій, спрямованих на оптимізацію процесів внесення. Додатковим чинником є посилення вимог екологічного законодавства та суспільного контролю щодо зменшення нецільового або надмірного використання хімічних препаратів, що стимулює розвиток високотехнологічного обладнання для точного розпилення робочих розчинів.

Рівень урожайності та якість кінцевої продукції значною мірою залежать від рівномірності покриття поверхні культур пестицидами та правильного дозування робочої рідини. Порушення технологічних норм може призвести до суттєвих негативних наслідків. Зокрема, надмірне внесення засобів захисту рослин спричиняє перевитрати матеріалів, підвищення собівартості продукції, ризик фітотоксичної дії на посіви та погіршення екологічного стану довкілля. Натомість недостатня кількість препаратів призводить до зниження ефективності контролю шкідливих організмів і, як наслідок, до втрати частини врожаю.

На сьогодні більшість самохідних обприскувачів оснащені автоматизованими контролерами подачі, які функціонують за принципом регулювання потоку робочої рідини. Такі системи забезпечують підтримання заданої норми внесення з урахуванням швидкості руху машини та ширини захвату штанги у реальному часі. При цьому оператор виконує переважно наглядові функції, здійснюючи контроль за стабільністю параметрів і, за необхідності, коригуючи роботу системи. Інтерфейс керування забезпечує користувачу широкі можливості для моніторингу процесу, перегляду даних про фактичне внесення та оперативного внесення змін у налаштування під час роботи.

Ефективність таких систем підтверджується експериментальними дослідженнями. Зокрема, система керування розпилюванням Dickey–John SC 1000, що функціонує на основі регулювання тиску, продемонструвала високу стабільність показників: похибка дозування не перевищувала 5% у діапазоні швидкостей від 3,2 до 9,7 км/год. Порівняння результатів роботи системи із традиційними способами керування подачею робочої рідини показало суттєве зменшення похибок внесення — з 18% і 5% до 7% і 1% відповідно [1].

Інші науковці провели оцінку роботи обприскувача зі змінною нормою подачі робочої рідини й встановили, що зміни дози зазвичай відбуваються поступово — через плавне збільшення або зниження рівня гербіциду. Винятком є різке зростання норми внесення, яке спостерігається в момент переходу системи з режиму «вимкнено» у «увімкнено». Застосування високошвидкісного регулюючого клапана призвело до короточасних коливань витрати, які сягали 450 л/га, тоді як запланована норма становила 300 л/га [2].

Використання системи автоматичного контролю секцій (ASC) в Алабамі дало змогу знизити надлишкове внесення пестицидів і добрив на 1–12% під час одного проходу техніки полем. Окрім економічного ефекту, це сприяло кращому захисту довкілля, оскільки запобігало потраплянню хімічних речовин на нецільові ділянки, такі як рослинні фільтрувальні смуги або трав'яні дренажні канали. Технологія ASC автоматично вимикає електромагнітні клапани форсунок або секцій штанги щоразу, коли агрегат проходить уже оброблену ділянку, або під час руху через зони, де розпилення не передбачено.

Контролери норми застосовують сигнали глобальної системи позиціонування (GPS), щоб визначити точне місцеположення машини та регулювати подачу рідини до кожної секції чи форсунки окремо. Завдяки цьому оператор уникає повторного обприскування одних і тих самих площ, зменшуючи перекриття, підвищуючи ефективність процесу, скорочуючи витрати часу й ресурсів і водночас зберігаючи природні екосистеми. Технологія ASC може зменшити загальну площу обробки на 15,2–17,5% через точніше керування секціями штанги. Виробники, які використовують автоматичну систему замість ручного керування секціями, зда-

тні скоротити площу надмірного внесення з 12,4% до 6,2% [3].

Попри переваги, контролери дозування мають певні технологічні обмеження щодо швидкості реакції системи. У системах прямого вприскування похибки внесення можуть сягати 40% на неправильно оброблених ділянках поля, а зміни концентрації хімікатів у форсунках, розташованих на віддалених частинах штанги, іноді відбуваються лише після проходження приблизно 80 метрів від моменту введення нової команди на контролер.

Затримка системи керування нормою подачі для забезпечення стабільності внесення в межах заданого діапазону може тривати від 15 до 55 секунд. Водночас реакція системи на сигнали приймача DGPS досягає 2,2 секунди при збереженні горизонтальної точності на рівні приблизно 1 метра.

Крім особливостей GPS-навігації та властивостей контролерів, важливу роль відіграє також розташування форсунок уздовж штанги — воно може впливати як на величину, так і на момент виникнення похибок дозування.

На сьогодні технологія ASC поступово входить до складу стандартних систем керування сучасних обприскувачів завдяки простоті використання й очевидним вигодам для фермерів, передусім через економію ресурсів. Просторово точне внесення речовин за допомогою ASC базується на здатності контролера забезпечувати стабільну витрату рідини, підтримуючи необхідну норму під час активації системи. Операція ввімкнення або вимкнення секції потребує швидкого відгуку між електронними компонентами, щоб гарантувати ефективність і рівномірність виконання технологічного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Grella, M.; Gioelli, F.; Marucco, P.; Zwervaeagher, I.; Mozzanini, E.; Mylonas, N.; Nuyttens, D.; Balsari, P. Field Assessment of a Pulse Width Modulation (PWM) Spray System Applying Different Spray Volumes: Duty Cycle and Forward Speed Effects on Vines Spray Coverage. *Precis. Agric.* 2022, 23, 219–252.
2. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.
3. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.

УДК 631.171

Левченко Є.О., магістрант, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;

ВИКОРИСТАННЯ СТЗ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Основний обробіток ґрунту залишається базовим елементом системи землеробства, який забезпечує формування родючості, оптимальної структури та водно-повітряного режиму. У сучасних умовах зміни клімату та деградації ґрунтів питання правильного вибору методу й глибини обробітку набуває особливого значення. Сучасні технології — від традиційної оранки до систем mini-till, strip-till і no-till — вимагають адаптивного підходу, що враховує кліматичні, ґрунтові та економічні умови господарств.

Основний обробіток виконує низку ключових функцій:

- накопичення та збереження вологи;
- знищення бур'янів, шкідників і патогенів;
- покращення аерації та структури орного шару;
- сприяння мінералізації органічних речовин і засвоєнню поживних елементів рослинами.

За даними SuperAgronom, 2024, в умовах посухи (Рисунок 1) основний обробіток має адаптуватися до нових кліматичних викликів — зменшення опадів, підвищення температури, ущільнення ґрунтів. Погано структурований орний шар втрачає до 30% продуктивної вологи,

що безпосередньо знижує врожайність. Тому метою сучасного обробітку є не лише підготовка ґрунту під посів, а й створення умов для збереження родючості в довгостроковій перспективі.

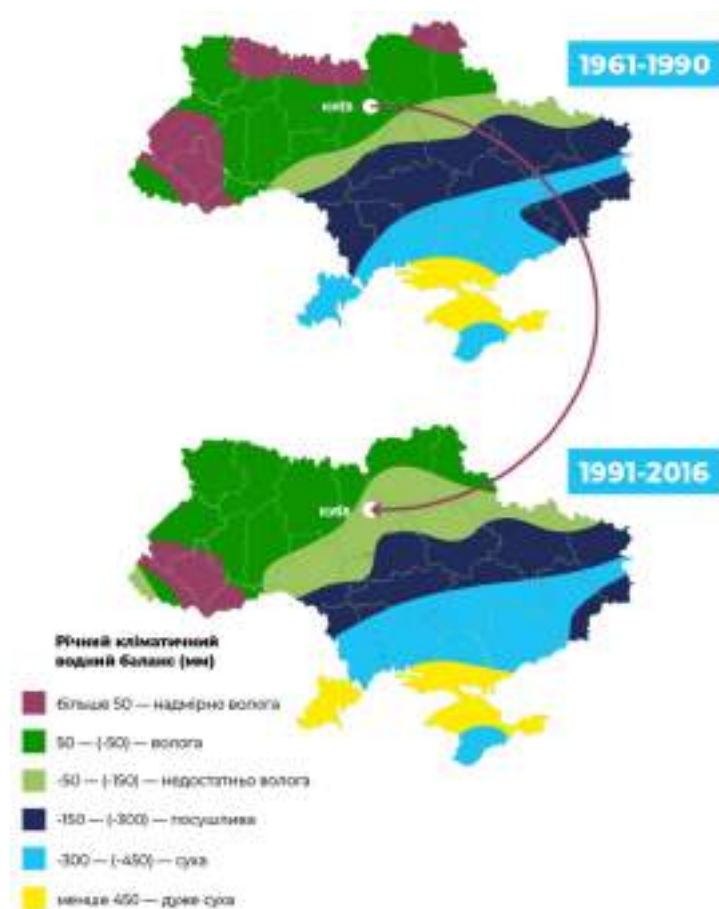


Рисунок 1 - Зміна водного балансу

Як зазначається у статті Proorozitsiya, 2022, надмірна інтенсивність обробітку призводить до руйнування структури, ерозії та зниження біологічної активності. Натомість мінімальний обробіток сприяє збереженню вологи, скороченню енергозатрат і підтримці біоценозу в ґрунті.

До ефективних технологій мінімізації належать:

Mini-till — поверхневе розпушування без обороту пласта, яке дозволяє зберегти рослинні рештки як мульчу;

Strip-till — обробіток лише вузьких смуг під посів, що зменшує ерозію і зберігає вологу;

No-till — повна відмова від механічного обробітку, за якої роль регулятора структури виконує покривна рослинність.

Мінімізація обробітку дає можливість знизити витрати пального до 50%, але вимагає високої культури землеробства, ретельного підбору техніки та моніторингу бур'янового фону.

За даними Agrokebety, 2023, головним викликом сучасного землеробства є збереження ґрунтової структури при одночасному забезпеченні ефективності агротехнологій.

Класична оранка має беззаперечні переваги у боротьбі з бур'янами та підвищенні аерації, проте вона:

- підвищує ризики водної та вітрової ерозії;
- сприяє швидкому розпаду органічної речовини;
- призводить до ущільнення глибших горизонтів (плужна підшва).

Тому доцільним є поєднання традиційного й мінімального обробітку, залежно від культури, попередника, типу ґрунту й рівня зволоження. У господарствах північного Лісостепу України, де кількість опадів зменшується, рекомендується чергування глибокого розпушування з поверхневим обробітком для оптимізації водного балансу.

Сучасний обробіток переходить від механічного до цифрово-керованого. Використання GPS-навігації, систем моніторингу твердості та вологості ґрунту, а також аналітики даних з датчиків дозволяє здійснювати диференційоване управління глибиною обробітку. Це поєднує принципи точного землеробства з класичною агрономією.

Крім того, інтеграція безпілотних систем і картування поля допомагає визначати ділянки з надмірним ущільненням і ерозійними процесами. Це створює передумови для розумного, екологічно збалансованого землеробства, яке сприяє збереженню ресурсів і зниженню викидів CO₂. Основний обробіток ґрунту залишається одним із найважливіших елементів технології вирощування культур. В умовах зміни клімату його значення лише зростає — він має бути спрямований не на механічне перемішування, а на збереження структури, біологічної активності й вологи.

Комбінація традиційних і мінімальних технологій, підкріплена сучасними засобами моніторингу та аналізу, дає можливість забезпечити стабільну врожайність, енергоефективність та сталий розвиток агросистем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://superagronom.com/blog/792-obrobitok-gruntu-osnovni-zavdannya-dlya-virishennya-v-umovah-zmin-klimatu>
2. <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohiiyi-vyroshchuvannya/minimalizatsiya-osnovnoho-obrobitku-gruntu>
3. <https://blog.agrokebety.com/obrobitok-hruntu>

УДК 631.171

Левченко Є.О., студент, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;

ВИКОРИСТАННЯ СТЗ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Системи точного землеробства (СТЗ) дедалі ширше впроваджуються у сучасні технології обробітку ґрунту. Їхня мета полягає не лише в автоматизації виконання технологічних операцій, а й у забезпеченні енергоощадності, стабільної родючості ґрунту та екологічної сталості виробництва. Використання СТЗ під час основного обробітку дозволяє оптимізувати глибину, зменшити витрати пального, покращити водно-повітряний режим ґрунту, знизити ущільнення та втрати органічної речовини. Основний обробіток ґрунту (оранка, глибоке розпушування, чизелювання) є однією з найбільш енергоємних операцій у землеробстві, що споживає до 30–40 % загальних витрат пального господарства. Саме тому застосування систем точного землеробства дає змогу істотно скоротити ресурсоемність цього етапу. СТЗ ґрунтуються на використанні GPS/GNSS-навігації, сенсорів вологості, твердості та електропровідності ґрунту, що дозволяє у реальному часі регулювати параметри роботи ґрунтообробних агрегатів. Завдяки цьому техніка виконує обробіток не з фіксованою, а з адаптивною глибиною, залежно від фактичних фізичних властивостей ґрунту на кожній ділянці поля. Такий підхід формує передумови для диференційованого розпушування — лише там, де спостерігається ущільнення або недостатня аерація. Це зменшує обсяг зайвої механічної дії, зберігаючи структуру орного шару й біологічну активність ґрунту. За результатами дослідження Bogale A.A. et al., 2025 (Agronomy, MDPI), впровадження GPS-навігації та системи автоматичного контролю глибини при обробітку ґрунту дало такі результати:

- зниження витрат пального на 12–18 % у порівнянні з традиційною оранкою на постійній глибині;
- зменшення часу виконання технологічної операції на 9 %;
- усунення перекриттів між проходами агрегатів (до 15 % площі).

Крім економії енергії, це позитивно вплинуло на стабільність врожайності. При точному регулюванні глибини оранки урожайність озимого ячменю підвищилася на 6–10 %, що пов'язано зі зменшенням ущільнення в зоні розвитку кореневої системи. Під час класичної

оранки відбувається надмірне руйнування агрегатної структури ґрунту, що призводить до зростання мінералізації органічної речовини і, як наслідок, — викидів CO₂. Згідно з тим же дослідженням, використання диференційованого обробітку в межах системи СТЗ сприяло зменшенню викидів CO₂ на 22–25 %, а також покращенню вмісту органічного вуглецю у верхньому шарі ґрунту на 5–7 %. Використання систем моніторингу твердості ґрунту (пенітометрів) і вологості дозволяє уникати надмірного розпушування, що зменшує ризик утворення ерозійних борозен і ущільнення нижчих горизонтів (плужної підшви). Дослідження Srivastava R.K., 2025 показало, що комбінування систем точного управління технікою з технологіями консерваційного обробітку (strip-till, mini-till) знижує втрати ґрунту від ерозії на 28–35 %, а запаси вологи у кореневмісному шарі збільшуються на 12–15 %. Застосування сенсорів у системах точного землеробства дозволяє в режимі реального часу визначати:

- щільність і вологість ґрунту;
- рівень опору робочих органів;
- продуктивність трактора та глибину обробітку.

На основі цих даних система автоматично змінює кут атаки або глибину робочого органу, підтримуючи оптимальне навантаження. Це не лише зменшує витрати енергії, а й збільшує строк служби машин. Згідно з Getahun S. et al., 2024, такі системи знижують енерговитрати на 10–15 %, а рівномірність глибини обробітку покращується на 20–25 %. Крім того, кількість повторних проходів техніки скорочується на 30 %, що додатково зменшує тиск на ґрунт і знижує ущільнення. Системи точного землеробства поступово інтегруються у цифрові платформи управління агровиробництвом. Дані з GPS-трекерів, сенсорів і безпілотних систем використовуються для створення карт щільності, вологості та твердості ґрунту. Ці карти дозволяють точно планувати глибину обробітку для кожної зони поля. Такі підходи формують базу для принципу “Precision Tillage” — точного обробітку ґрунту, спрямованого на досягнення оптимального балансу між енергоефективністю, структурою ґрунту та урожайністю. В огляді Bahmutsky S. et al., 2024 зазначається, що впровадження комплексних систем СТЗ окупається в середньому за 2–3 роки за рахунок зменшення витрат на паливе, амортизацію техніки та підвищення врожайності на 5–12 %. Використання систем точного землеробства при проведенні основного обробітку ґрунту має багатовекторний позитивний ефект:

- зниження енерговитрат на 10–18 %;
- зменшення викидів CO₂ до 25 %;
- підвищення врожайності на 6–10 %;
- скорочення втрат ґрунту від ерозії на 30 %;
- стабілізація вмісту органічної речовини та вологи.

Таким чином, точне керування параметрами обробітку ґрунту сприяє створенню сталих агросистем, підвищенню економічної ефективності та екологічної безпеки сільського господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bogale, A.A.; Kende, Z.; Tarnawa, A.; Miko, P.; Birkás, M.; Kovács, G.P.; Percze, A. Precision Nutrient and Soil Tillage Management for Sustainable Winter Barley Production (*Hordeum vulgare* L.) and Tillage Impact on Soil CO₂ Emission. *Agronomy* 2025, 15, 2. <https://doi.org/10.3390/agronomy15010002>
2. Mgendi, G. Unlocking the potential of precision agriculture for sustainable farming. *Discov Agric* 2, 87 (2024). <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00078-3>
3. Getahun S, Kefale H, Gelaye Y. Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review. *ScientificWorldJournal*. 2024 Oct 9;2024:2126734. doi: 10.1155/2024/2126734. PMID: 39421732; PMCID: PMC11483651
4. Sofia Bahmutsky, Florian Grassauer, Vivek Arulnathan, Nathan Pelletier, A review of life cycle impacts and costs of precision agriculture for cultivation of field crops, *Sustainable Production and Consumption*, Volume 52, 2024, Pages 347-362, ISSN 2352-5509,

УДК 631

Мікуліна М.О., доцент кафедри агроінжинірингу, СНАУ, Суми, Україна

ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Сучасне сільське господарство характеризується високим рівнем механізації та автоматизації, що забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження собівартості продукції та стабільність урожайності. Одним із ключових напрямів підвищення ефективності аграрного виробництва є оптимізація та оцінка проектних механізованих технологічних процесів вирощування й збирання сільськогосподарських культур. Такі процеси повинні забезпечувати раціональне використання техніки, ресурсів і часу, а також відповідати агротехнічним вимогам і екологічним стандартам. Тому оцінювання проектних механізованих технологічних процесів є важливою складовою системи управління виробництвом у рослинництві.

Механізований технологічний процес — це сукупність взаємопов'язаних операцій, що виконуються із застосуванням технічних засобів, спрямованих на отримання врожаю певної культури. У процесі проектування враховуються:

- агротехнічні вимоги до культури;
- природно-кліматичні умови регіону;
- склад машинно-тракторного парку;
- організаційно-економічні можливості господарства.

Основними етапами проектування є:

1. Вибір технологічної схеми вирощування культури.
2. Підбір машин і агрегатів для виконання окремих операцій.
3. Розрахунок виробничих показників (продуктивність, витрати, строки).
4. Аналіз економічної та енергетичної ефективності процесу.

Показники для оцінки механізованих технологічних процесів.

Оцінка ефективності проектних механізованих процесів здійснюється за системою технологічних, технічних, енергетичних, економічних та екологічних показників, які у комплексі відображають рівень досконалості обраної технології.

Технологічні показники.

- Якість виконання операцій: глибина обробітку, рівномірність висіву, точність внесення добрив, ступінь пошкодження рослин під час збирання.
- Терміни виконання робіт: забезпечення агротехнічних строків, що безпосередньо впливають на урожайність.
- Комплексність механізації: відсоток операцій, виконаних механізовано.

Технічні показники.

- Продуктивність агрегатів (га/год, т/год).
- Надійність техніки — середній напрацювання до відмови, час простою.
- Коефіцієнт змінного використання машин.

Економічні показники

- Собівартість технологічного процесу.
- Рівень рентабельності.
- Термін окупності техніки — показує, наскільки швидко інвестиції у механізацію повертаються за рахунок отриманих прибутків.

Оцінка проектних механізованих технологій дає можливість: підвищити продуктивність праці через оптимальне завантаження машин; зменшити витрати палива і матеріальних ресурсів; забезпечити стабільну якість продукції; знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище; планувати оновлення машинно-тракторного парку з урахуванням економічних результатів.

У сучасних умовах важливо впроваджувати цифрові системи управління технологічними процесами (Smart Farming), які дозволяють проводити оцінку в реальному часі, моделювати різні варіанти процесів та вибирати найефективніший.

УДК 631.3.62-93

Поліщук В.О., магістрант, Яременко А.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ НА ЯКІСТЬ ПОСІВУ

Актуальність проблеми підвищення ефективності агротехнічних процесів обумовлена сучасними викликами сільськогосподарського виробництва: зростанням вартості насіння, добрив та пального, необхідністю зменшення втрат врожаю та підвищення якості посівів. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності посівних робіт є використання систем автоматичного керування секціями (СКС) просапних сівалок, що дозволяє оптимізувати розподіл насіння та запобігати дублюванню або пропускам рядів.

СКС працює на основі GPS-навігації та датчиків, які визначають місцезнаходження сівалки та автоматично відключають секції, коли вони перетинаються з уже засіяними ділянками. Це дозволяє уникнути накладання насіння та зменшити витрати на посівний матеріал. Дослідження показують, що застосування СКС може зменшити витрати насіння на 5–10% залежно від конфігурації поля та культури [1].

Крім економічної вигоди, СКС має значні агрономічні переваги. По-перше, забезпечується рівномірний рядовий посів без пропусків, що позитивно впливає на густоту стояння рослин і, як наслідок, на врожайність. По-друге, автоматичне керування знижує ймовірність пошкодження рослин через повторне проходження агрегату по засіяних рядах. Це особливо важливо для просапних культур, таких як кукурудза та соняшник, де точність висіву безпосередньо впливає на формування врожаю.

Застосування СКС також сприяє підвищенню ефективності роботи оператора. Завдяки автоматизації контролю рядів знижується втомлюваність та зростає продуктивність посіву. Оператор може зосередитись на моніторингу загального стану агрегату та контролі якості роботи сівалки, не витрачаючи час на ручне відключення секцій. В умовах великих господарств та складної конфігурації полів автоматизація дозволяє досягти оптимального використання техніки та зменшення простоїв.

Слід відзначити, що впровадження СКС вимагає відповідного технічного забезпечення та підготовки персоналу. Необхідно налаштувати GPS-модулі, контролери та проводити калібрування системи під конкретну модель сівалки та тип культури. Проте, витрати на впровадження швидко окуповуються за рахунок економії насіння, пального та підвищення врожайності [2].

Впровадження СКС потребує певного рівня технічної підготовки персоналу та налаштування обладнання. Для ефективної роботи системи необхідно провести калібрування GPS-модулів та контролерів, враховуючи модель сівалки та тип культури. Крім того, важливим є налаштування ширини міжряддя та параметрів секцій сівалки для забезпечення точності посіву. Попри початкові витрати на обладнання та підготовку, економічний ефект від впровадження системи проявляється вже в перші посівні кампанії за рахунок економії насіння, зменшення витрат пального та підвищення врожайності.

Таким чином, застосування систем автоматичного керування секціями просапних сівалок є сучасним та ефективним підходом до підвищення продуктивності агротехнічних робіт. Воно забезпечує економію насіння та ресурсів, рівномірність посіву, зменшення пошкодження рослин, а також покращує умови праці оператора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.

2. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>

УДК 631.3.62-93

Поліщук В.О., магістрант, Яременко А.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПРОСАПНИХ СІВАЛОК НА ЯКІСТЬ ПОСІВУ

Якість посіву є одним із найважливіших факторів, що визначає ефективність агротехнічних заходів та рівень врожайності просапних культур. Надійність та продуктивність посіву прямо залежать від точності роботи висівного апарата сівалки, який відповідає за рівномірне розміщення насіння у ґрунті, підтримку оптимальної густоти стояння рослин та забезпечення одночасного проростання. Висівні апарати просапних сівалок формують не тільки фізичне розміщення насіння, а й впливають на подальший розвиток кореневої системи та рослинний покрив у рядку.

Основними параметрами висівних апаратів, які безпосередньо впливають на якість посіву, є швидкість обертання висівного диска, частота та інтервал викиду насіння, величина притискного зусилля сошника, глибина загортання насіння, а також конструктивні особливості самого апарата, тип приводного механізму та спосіб живлення насіння. Кожен із цих факторів визначає точність та рівномірність посіву окремо, однак оптимальний результат досягається лише при правильному комплексному налаштуванні всіх параметрів.

Швидкість обертання висівного диска безпосередньо впливає на кількість насіння, що подається до борозни за одиницю часу. При надмірно високій швидкості спостерігається нерівномірність викиду, що призводить до утворення пустих ділянок або скупчень насіння. З іншого боку, занадто низька швидкість зменшує продуктивність сівалки і може викликати перерозподіл насіння по рядку. Встановлено, що оптимальна швидкість обертання диска для більшості просапних культур, таких як кукурудза, соняшник та цукровий буряк, складає від 20 до 40 об/хв залежно від типу апарата та розміру насіння [1].

Величина притискного зусилля сошника є ще одним критичним параметром, що впливає на якість контакту насіння з ґрунтом. Недостатнє притискне зусилля призводить до слабкого закріплення насіння в борозні, затримки проростання та нерівномірного розвитку рослин. Надмірне ж притискне зусилля може пошкоджувати насіння та ущільнювати ґрунт, що також негативно впливає на проростання. Тому регулювання цього параметра є обов'язковим під час роботи на різних типах ґрунтів, від легких піщаних до важких глинистих.

Глибина загортання насіння є ключовим фактором, що визначає рівномірність появи сходів та розвиток рослин. Для більшості просапних культур оптимальна глибина становить 3–5 см. Недотримання цього параметра призводить до нерівномірного сходження, а при загортанні насіння занадто глибоко – до зниження енергії проростання та затримки росту. Сучасні сівалки оснащуються механізмами контролю глибини, що дозволяють підтримувати точну позицію сошника навіть при нерівностях рельєфу та змінній вологості ґрунту.

Конструкція висівного апарата та тип приводного механізму також значно впливають на ефективність посіву. Дискові апарати більш чутливі до розміру та форми насіння, і при неоднорідних фракціях можливе формування пропусків або скупчень. Шнекові апарати забезпечують більш рівномірний розподіл насіння навіть при неоднорідній масі насіння, однак вони більш чутливі до швидкості руху сівалки та вологості ґрунту. Вибір конструкції апарата повинен враховувати специфіку культури, умови ґрунту та завдання агротехніка щодо густоти стояння рослин [2].

Сучасні технології точного висіву передбачають використання електронних та гідравлі-

чних систем регулювання, а також датчиків контролю притискового зусилля та глибини. Впровадження систем моніторингу в реальному часі дозволяє оперативно коригувати роботу висівного апарата під змінні умови поля, забезпечуючи оптимальний розподіл насіння та рівномірне формування сходів. За даними досліджень, використання таких систем підвищує точність висіву на 10–15% та дозволяє досягати стабільної густоти рослин, що безпосередньо впливає на врожайність та зменшує витрати насіння.

Дослідження показують, що вплив окремих параметрів висівних апаратів не можна розглядати ізольовано. Наприклад, при одночасному підвищенні швидкості обертання диска та збільшенні притискового зусилля ефект на якість посіву може бути компенсованим або навіть посилювати негативні наслідки, якщо не враховувати властивості ґрунту та вологість. Тому сучасне точне землеробство передбачає комплексний підхід, що включає автоматичне регулювання всіх основних параметрів висівного апарата, адаптацію до зовнішніх умов та використання систем контролю в реальному часі.

Підсумовуючи, можна зазначити, що висівні апарати просапних сівалок є ключовим елементом технології посіву, що визначає рівномірність розподілу насіння, точність загортання та схожість рослин. Оптимізація параметрів роботи апарата, врахування конструктивних особливостей та впровадження сучасних систем контролю дозволяють підвищити ефективність посіву, забезпечити стабільний розвиток рослин і максимізувати врожайність культур. Подальший розвиток технологій точного посіву, автоматизації та цифровізації агрови-робництва відкриває широкі перспективи для підвищення продуктивності та економічної ефективності аграрних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.
2. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>

УДК 631

Поливаний А.Д., викладач СНАУ, Суми, Україна

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОЦІНКИ ПРОЕКТНИХ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В КОНТЕКСТІ АГРОНОМІЇ

Сучасне сільське господарство — це поєднання досягнень техніки, технологій і агрономічної науки. Ефективність вирощування та збирання сільськогосподарських культур значною мірою залежить від того, наскільки гармонійно узгоджено агрономічні принципи з механізованими технологічними процесами.

Оцінка проектних механізованих процесів передбачає не лише технічні чи економічні розрахунки, а й урахування біологічних особливостей культур, вимог до ґрунту, строків та умов обробітку, тобто безпосередньо пов'язана з агрономією. Саме взаємодія технічної та агрономічної складових формує основу ефективного, екологічно безпечного й рентабельного агрови-робництва.

1. Взаємозв'язок агрономії та механізації

Агрономія визначає наукові основи вирощування культур, а механізація — забезпечує реалізацію агрономічних вимог у практичному виробництві.

Ключовими елементами цього взаємозв'язку є: дотримання строків сівби, підживлення, збирання; вибір системи обробітку ґрунту (традиційної, мінімальної, нульової); регулювання

вологості та щільності ґрунту; попередження ерозійних процесів; забезпечення умов для оптимального росту і розвитку рослин.

Отже, проектуючи механізований процес, потрібно не лише враховувати продуктивність техніки, а й забезпечити виконання агрономічних вимог, від яких безпосередньо залежить урожайність.

2. Сутність і мета оцінки механізованих технологічних процесів

Механізований технологічний процес — це сукупність операцій, виконуваних з використанням машин і агрегатів, спрямованих на ефективне вирощування або збирання певної культури. Мета оцінки полягає у визначенні оптимального поєднання технічних, економічних і агрономічних рішень, що забезпечують найвищий результат при мінімальних витратах ресурсів і дотриманні агротехнічних норм.

Основні завдання оцінки: аналіз відповідності технології агрономічним вимогам; визначення раціонального складу машинно-тракторних агрегатів; оцінка енергетичних, економічних та екологічних показників; оптимізація строків і послідовності операцій з урахуванням біологічних фаз розвитку культури.

3. Критерії оцінки процесів з агрономічної точки зору. Оцінка проектних механізованих процесів повинна враховувати агрономічну ефективність — наскільки технологічні рішення сприяють росту, розвитку та урожайності культур.

3.1. Технологічні та агрономічні показники: якість підготовки ґрунту (структура, щільність, вологість); точність висіву (глибина, густота стояння, рівномірність); якість догляду (міжрядна обробка, підживлення, боротьба з бур'янами); втрати під час збирання (механічне пошкодження, осипання); дотримання біологічно оптимальних строків робіт.

3.2. Технічні показники: продуктивність агрегатів (га/год); коефіцієнт технічної готовності; час простоїв через технічні відмови; надійність роботи обладнання у різних польових умовах.

Оцінка проектних механізованих технологічних процесів є комплексним завданням, що поєднує агрономічні, технічні, економічні та екологічні аспекти. Агрономічні фактори визначають параметри технологій, від яких залежить якість і кількість урожаю, тому вони мають бути ключовим критерієм оцінювання. Використання сучасних машин, систем точного землеробства, GPS-моніторингу та агроаналітики дозволяє підвищити точність проектування та оцінювання процесів. Комплексний підхід, що інтегрує агрономічну науку та технічні інновації, забезпечує підвищення ефективності, рентабельності та екологічної стійкості аграрного виробництва.

УДК 631.3:633.15(477.52)

Пономаренко В.В., магістрант, СНАУ, м. Суми, Україна

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПО ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Кукурудза є однією з ключових культур в аграрному секторі України, забезпечуючи понад 15% глобального експорту та значний внесок у внутрішнє забезпечення кормами, харчовими продуктами та сировиною для промисловості. Україна посідає провідні позиції на світовому ринку кукурудзи, з прогнозованими обсягами виробництва 28-32 млн тонн у 2025-2026 роках. Ефективність вирощування залежить від механізації, яка оптимізує витрати, зменшує втрати та підвищує врожайність на 20-30%, що критично для конкурентоспроможності агробізнесу. У Сумській області, розташованій у зоні Лісостепу з помірно-континентальним кліматом (опаді 550-650 мм/рік, температури від -8-10°C взимку до +20-22°C влітку), кукурудза є високоефективною культурою завдяки родючим чорноземам. Однак кліматичні зміни (заморозки, посухи) та воєнні фактори створюють виклики. Площа посівів у регіоні зросла з 50-60 тис. га у 2000-2010 рр. до 150-200 тис. га у 2015-2025 рр., але у 2022 р. зменшилася че-

рез війну, відновившись до 4,5-5 млн га на національному рівні у 2023-2025 рр. На Сумщині частка виробництва кукурудзи знизилася з 3-4% у 2019-2020 рр. до 2,5% у 2023-2025 рр. через логістику та конфлікт. Метою тези є аналіз використання машинного забезпечення для догляду за посівами кукурудзи в Сумській області, демонструючи ефективність та адаптацію до локальних умов.

Механізація вирощування кукурудзи базується на системному підході, інтегруючи техніку в біологічні процеси для підвищення продуктивності. Теоретичні моделі передбачають спеціалізовані машини для точного висіву, обробітку, удобрення та захисту, зменшуючи втрати на 10-15% та підвищуючи врожайність на 25-35%. У Сумщині обробіток ґрунту ключовий: оранка на 22-25 см забезпечує врожайність 7,5-8,2 т/га (2023-2025 рр.), з запасом води 150-170 мм. No-till зменшує ерозію, але потребує управління залишками. Сильні сторони – стандартизація та економія, слабкі – деградація ґрунту та викиди CO₂. Сівба використовує сівалки точного висіву (MONOSEM NG Plus, John Deere), забезпечуючи щільність 70-80 тис. рослин/га, підвищуючи врожайність на 20-25%. GPS зменшує перевитрати на 10-12%, але вартість висока. На Сумщині глибина сівби 4-6 см на важких ґрунтах. Удобрення – розкидачі (Kuhn Axis), вносять азот (100-150 кг/га), фосфор (60-80 кг/га), калій (40-60 кг/га), підвищуючи врожайність на 15-20%. Захист – обприскувачі (John Deere R4045), зменшують втрати від бур'янів на 15-25%. Догляд – боронування, культивування (КПС-4). Збирання – комбайни (CLAAS Lexion), втрати 4-6% при вологості 12-14%. Післязбиральна – сушарки (GSI 1220), знижують вологість до 14%. Аналіз показує: механізація змістилася до GPS та дронів, але війна обмежує прогрес, втрати техніки 40-50%. Порівняно з ЄС та США, де ШІ підвищує ефективність на 25-30%, Україна відстає. Прогалини: недостатня адаптація до вологості Сумщини та воєнних ризиків. Перспективи: дрони для моніторингу, no-till для сталості.

Механізація кукурудзи в Сумщині підвищує ефективність, але потребує адаптації до клімату та війни. Інтеграція ШІ та ресурсозберігаючих технологій – ключ до розвитку.

УДК 631.17

Ребрій А.М., старший викладач, СНАУ, Суми, Україна

ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОСЕКТОР

Агропромисловий комплекс (АПК) України має колосальний потенціал, але його перехід до Аграрної революції 4.0 (четверта за рахунком, фаза технологічних змін в агропромисловому комплексі) та точного землеробства стикається зі значними системними та інфраструктурними перешкодами. Впровадження інновацій, що обіцяють підвищити врожайність та ефективність використання ресурсів, вимагає не лише грошей, а й комплексної модернізації на всіх рівнях.

Навіть найдосконаліші системи GPS-навігації, інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту (ШІ) безсилі, якщо немає надійної основи:

- нестача покриття зв'язку. Багато сільських регіонів та віддалених полів досі мають слабе або відсутнє покриття швидкісним інтернетом (особливо 4G/5G). Це унеможливорює моніторинг у реальному часі та ефективну роботу мереж IoT-датчиків і дронів. Без надійного зв'язку дані, зібрані про вологість ґрунту чи стан посівів, не можуть бути оперативно передані до Системи управління підприємством для прийняття рішень;
- висока вартість. Початкові інвестиції у технологічне оснащення є надзвичайно високими. Придбання сучасної техніки з автопілотом, мультиспектральних дронів, дорогих сенсорів та ліцензій на програмне забезпечення недоступне для більшості малих та середніх фермерських господарств. Це створює "технологічний розрив" між великими агрохолдингами та меншими виробниками;
- застарілий технопарк. Значна частина сільськогосподарської техніки, що використовується в Україні, є застарілою. Модернізація або заміна цього парку на машини, сумісні з

- системами диференційованого внесення та GPS-контролю, вимагає масштабних капіталовкладень та довгострокових фінансових програм;
- бар'єри людського капіталу. Технології працюють лише тоді, коли їх впроваджують та обслуговують кваліфіковані фахівці;
 - дефіцит IT-Агро спеціалістів. АПК потребує фахівців нового профілю, які поєднують агрономічні знання з цифровою грамотністю. Не вистачає агрономів-аналітиків, операторів дронів та інженерів, які обслуговують складне робототехнічне обладнання;
 - потреба у перенавчанні. Існуючий персонал часто має недостатній рівень цифрової компетентності. Це стосується як рядових працівників, які мають керувати технікою з бортовими комп'ютерами, так і менеджерів, які повинні використовувати дані ІІІ для стратегічного планування. Навчання та формування нової "цифрової культури" є тривалим і дорогим процесом;
 - системні та економічні ризики. Інновації вимагають стабільного та передбачуваного економічного середовища;
 - кіберзагрози та безпека даних. Зі зростанням цифровізації, дані про поля, врожайність та фінанси підприємств стають вразливими до кібератак. Забезпечення надійності та захисту цих критично важливих агрономічних даних вимагає постійних інвестицій у кібербезпеку;
 - нестабільність ринків та довгострокове планування. Інвестиції в точне землеробство окупаються протягом декількох років. Економічна нестабільність та непередбачуваність ринків ускладнюють довгострокове планування для фермерів, змушуючи їх відкладати дорогі інноваційні проекти.

Незважаючи на те, що прогресивні технології є безальтернативним шляхом для забезпечення конкурентоспроможності та продовольчої безпеки України, їхнє масове впровадження можливе лише після подолання цих фундаментальних інфраструктурних, фінансових та кадрових бар'єрів.

УДК 631.3.62-93

Поляков А.О., магістрант, Романенко М.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІННИХ НОРМ ПРИ ПОСІВІ КУКУРУДЗИ

Дане дослідження здійснювалося з метою глибшого аналізу сучасних можливостей впровадження змінних норм висіву кукурудзи у південних регіонах. Зокрема, зростаючий інтерес до VRS кукурудзи відображається у збільшенні спектру послуг, що надаються як насіннєвими компаніями, так і сторонніми організаціями, що спеціалізуються на управлінні даними точного землеробства.

Кукурудза й надалі утримує статус однієї з найбільш популярних сільськогосподарських культур. Посів вважається однією з ключових польових операцій протягом усього вегетаційного циклу культури. Забезпечення правильної густоти насіння та його точного розміщення під час посіву має критичне значення, оскільки це впливає на рівномірність сходів, розвиток рослин та потенційну врожайність.

Помилки на етапі висіву можуть негативно позначитися на всьому періоді росту кукурудзи. Насіння потребує достатнього вологозабезпечення ґрунту для успішного проростання, причому вологість у насіннєвому ложі безпосередньо визначає терміни появи перших сходів. Створення сприятливих умов посіву та забезпечення оптимальної роботи сівалки є необхідними для гармонійного проростання та досягнення максимальної продуктивності культури.

Сходи кукурудзи визначаються як стадія, на якій насіння проростає і починає виходити на поверхню ґрунту. У межах кукурудзяного поясу загальновідомо, що рівномірність появи сходів безпосередньо впливає на потенціал врожайності. Попередні дослідження підтверджують важливість раннього і рівномірного сходження для досягнення високих урожаїв. Процес посіву передбачає формування борозни до потрібної глибини, розміщення в ній насіння та подальше закриття борозни за допомогою прикочувальних коліс сівалки.

Однак виконання цих операцій зазвичай не гарантує рівномірного проростання, особливо у південно-східних регіонах, де спостерігається висока мінливість ґрунтів, включно з відмінностями у типі та структурі. Багато факторів — від несприятливих польових умов під час посіву, змін погодних параметрів протягом сезону до недбалого налаштування та експлуатації сівалки — можуть знижувати якість сходів, ускладнюючи досягнення рівномірного покриття поля.

Літературні джерела відзначають кілька ключових факторів, що визначають якість сходів: властивості ґрунту (структура, вміст вологи під час посіву), глибина загортання насіння та тиск, який прикладають колеса сівалки. В умовах високої мінливості ґрунтів досягти стабільного розміщення насіння на бажаній глибині, підтримуючи задану густоту і відстань між рослинами, може бути складно.

Сучасні системи точного землеробства та VRT дозволяють здійснювати детальний моніторинг роботи сівалки в режимі реального часу. Водночас ключовим моментом залишається точність даних про посів та їх здатність адекватно відображати розташування насіння на полі. Термін «рішення, кероване даними» описує процес використання таких даних для прийняття рішень.

Розробка VRS-програми на рівні ферми потребує комплексного підходу, що включає застосування відповідної технології точного землеробства та розуміння характеристик конкретного поля. Це передбачає не лише досвід та інтуїцію агронома, а й використання просторових даних для формування зон управління, кожна з яких отримує індивідуальну норму висіву. Основні картографічні шари для зонування включають карти ґрунтів, рельєфу та попередньої врожайності.

Попередні дослідження демонструють проблеми із якістю наявних карт і їх здатністю відображати просторову продуктивність техніки, обладнаної VRT. Отже, успіх застосування великих даних у сільському господарстві значною мірою залежить від технічного оснащення та точності просторових шарів, що дозволяє аналітичним системам генерувати достовірну інформацію для підтримки прийняття рішень фермерами.

Карти врожайності та посіву стають дедалі важливішими для аналізу ефективності програм VRS та оцінки їхніх переваг для конкретних полів. Недостатньо точні дані призводять до хибних висновків і потенційно неправильних рішень. Для ефективного визначення зон VRS кукурудзи дані мають бути високої якості, адже ці шари часто змінюються з часом у міру накопичення додаткової інформації і потребують врахування екологічних факторів, що впливають на врожайність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyyh-kultur/>.
2. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.
3. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/.

УДК 631.3.62-93

Романенко М.О., магістрант, Поляков А.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПРИ ПОСІВІ

Посів виступає одним із ключових етапів у рослинництві, що має суттєвий вплив на по-

тенційну продуктивність культур. Для точного і рівномірного розташування насіння необхідні передові високоточні технології, які здатні підтримувати оптимальні параметри посіву навіть під час динамічних польових робіт.

У 2018 році світовий ринок точного землеробства оцінювався у 5,6 мільярда доларів США, а вже до 2024 року його обсяг прогнозується на рівні 11,6 мільярда доларів. Ці технології охоплюють навігаційні системи для різноманітного сільськогосподарського обладнання з використанням GPS, картографування врожайності та ґрунту з геоприв'язкою, а також систем змінної норми внесення добрив. Вони орієнтовані на збільшення виробництва продуктів харчування, скорочення витрат на виробництво та оптимізацію ресурсів, мінімізуючи їх надмірне використання. Сівалки точного висіву надають оператору інформацію в режимі реального часу, що дозволяє здійснювати оперативні коригування відповідно до просторової змінності полів під час посіву. Це дає змогу впроваджувати стратегії, які забезпечують розміщення насіння саме в необхідних точках та у визначений період. Посів у правильний час передбачає дотримання рекомендованих агрокалендарних термінів, що запобігає потенційним втратам урожаю через затримку виконання робіт.

Щільність рослин, яка перевищує оптимальні показники для максимальної продуктивності, не лише збільшує витрати на насіння, а й може негативно впливати на урожай. Протягом останніх десяти років витрати на насіння сої зросли на 85%, зокрема через застосування генетично модифікованих гібридів. Тому впровадження стратегій, що мінімізують подвійний посів, здатне забезпечити економію коштів без зниження врожайності та прибутковості культури. Більшість сучасних гібридів демонструють сильну залежність від щільності посадки.

Агрономічно оптимальна густина може варіюватися від 40 до 100 тисяч рослин на гектар, що визначається потенціалом врожайності конкретного поля. Надмірна щільність сповільнює ріст рослин і негативно впливає на якість зерна, що зрештою зменшує загальний обсяг урожаю. Соя володіє компенсаторними властивостями, які пом'якшують вплив варіацій густоти на продуктивність, тому застосування надлишкової кількості рослин часто не дає додаткового приросту врожайності, але підвищує витрати на насіння.

Через високі витрати на виробництво фермери активно впроваджують сучасні технології для ефективнішого використання ресурсів. У цьому контексті технологія автоматичного керування секціями (ASC) може застосовуватися з різними машинами, включаючи обприскувачі та сівалки, шляхом індивідуального контролю секцій, форсунок і рядків. Дослідження демонструють ефективність ASC на обприскувачах, де подвійне нанесення препаратів може перевищувати 12% площі, а у випадку полів складної конфігурації перекриття зменшується від 4% до 13,6%.

Сівалки просапних культур також можуть бути обладнані технологією автоматичного керування секціями для підвищення ефективності посіву, зменшення виробничих витрат і збільшення продуктивності. Завдяки GPS-системам та картам покриття ASC дозволяє запобігти пересіву, регулюючи окремі агрегати чи рядкові блоки під час операцій. Зазвичай посів починають із меж поля, а потім заповнюють його центральні ділянки.

Досягнення мінімального перекриття важко реалізувати, особливо у випадках неправильного контуру полів, поворотів та перешкод. Система ASC автоматично вимикає секції чи рядки, які вже засіяні, та активує їх у момент наближення до нових ділянок. Це дозволяє значно скоротити витрати на насіння і підвищити врожайність завдяки мінімізації перекриття та пропусків. Збільшення швидкості посіву також стимулює ефективність великих агропідприємств, які обробляють великі площі у рамках встановлених агростроків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Легкодух І. Автоматизовані системи контролю якості сівби для просапних сівалок [Електронний ресурс] / І. Легкодух, Н. Легкодух // Агросеа. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agrosea.com.ua/UKRNIPVT_POGORILOGO/.
2. Налаштування сівалок при проблемах з посівом і глибиною заробки насіння [Електронний ресурс] // Поради від команди DEKALB. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:

<https://www.dekalb.ua/agronomichna-biblioteka/porady-vid-monsanto/nalashtuvannja-sivalok>.

3. Правильний посів: основні фактори, що впливають на врожайність під час сівби польових культур. [Електронний ресурс] // AgroDay. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://agroday.com.ua/2019/05/14/pravylnyj-posiv-osnovni-factory-shho-vplyvayut-na-vrozhajnist-pid-chas-sivby-polovyh-kultur/>.

УДК 631.363

Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Рудченко А.М., магістр; СНАУ, Суми, Україна

АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛЬОВАНИХ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИННИЦТВА

Ключові слова: гранульовані корми, комбікорми, технологія гранулювання, продуктивність тваринництва, харчова цінність, оптимізація зберігання, матричні преси.

1. Стратегічне значення гранульованої продукції в сучасному тваринництві

У контексті зростаючих вимог до ефективності та безпечності харчових продуктів, гранульовані корми (включаючи комбікорми, висівки, продукти переробки олійних культур) набувають стратегічного значення у тваринницькій галузі. На відміну від розсипних форм, грануляція забезпечує зміну структури продукту, поліпшення засвоюваності поживних речовин, суттєве зменшення мікробного забруднення та створення оптимальних умов для логістики і зберігання. Стійкий попит серед споживачів пояснюється тим, що гранульовані комбікорми відзначаються високою та стабільною харчовою цінністю.

Комбікорми являють собою складні, науково обґрунтовані суміші очищених та подрібнених кормових інгредієнтів. Їхнє використання не лише сприяє економії кормових ресурсів та раціональному використанню відходів різних виробництв, але й дозволяє ефективно вводити до складу сировину, яка не може застосовуватися окремо. Застосування збалансованих комбікормів гарантує підвищення продуктивності тварин на 10–12%, а при додаванні біологічно активних добавок (вітаміни, мікроелементи) цей показник може сягати 25–30% порівняно з годівлею окремими зерновими культурами.

2. Технологічні переваги гранулювання: від засвоєння до зберігання

Технологія штучної сушки кормових культур з подальшим гранулюванням визнана одним із найефективніших методів їх заготівлі. Це дозволяє отримувати кінцевий продукт, який за поживною цінністю наближається до концентрованих кормів, а за вмістом каротину (32–187 мг/кг) значно їх перевищує.

Ключові кількісні переваги гранулювання:

- Мінімізація втрат поживних речовин: На відміну від традиційних методів (сіно, силос), які можуть призводити до втрат до 47% кормових одиниць і понад 93% каротину, гранулювання суттєво знижує ці втрати. Наприклад, вихід продукції з 1 га посіву суміші вівса з горохом при гранулюванні збільшується у 1,7 рази за кормовими одиницями та у 8,5 рази за каротином порівняно з заготівлею на сіно.
- Стабільність при довготривалому зберіганні: Через 7–12 місяців зберігання в гранулах втрачається не більше 10% протеїну та 50% каротину. Для сіна ці показники значно гірші (втрати протеїну 20–30%, каротину до 80% вже через 5–7 місяців), що підтверджує високу стабільність гранульованої форми.
- Покращення якості білка: Високотемпературна сушка при гранулюванні практично не змінює біологічну цінність білка трав, тоді як традиційні методи призводять до значних втрат амінокислот та ізомеризації β-каротину у менш засвоювані форми.

3. Порівняльний аналіз гранульованих та розсипних кормів (табл. 1)

Головна перевага гранульованого корму перед розсипним полягає у його комплексній збалансованості та безпечності.

4. Класифікація обладнання та технологічний вибір

Технологічний процес виробництва гранульованих комбікормів є багатоетапним і вклю-

час приймання, дозування, змішування, гранулювання (пресування) та зберігання.

Обладнання для виробництва гранул класифікується за декількома ознаками, включаючи:

- За принципом дії: Плоско-матричні, Кільцево-матричні (найпоширеніші), Екструдери, Експандери.
- За способом підготовки сировини: Сухі та Вологі (парові) гранулятори.

За продуктивністю: Малі (20–500 кг/год), Середні (0,5–2 т/год), Великі (2 т/год і більше).

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз гранульованих та розсипних кормів

Категорія	Перевага гранульованого корму	Значення
Харчова цінність	100% збалансований раціон	Тварина споживає абсолютно всі компоненти (білки, вітаміни), що запобігає вибіркового поїданню («смачних» частин) і, як наслідок, дисбалансу харчування.
Засвоюваність	Вища перетравність	Теплова обробка парою під час грануляції перетворює крохмаль на декстрини, що значно покращує засвоєння поживних речовин та підвищує енергетичну цінність корму.
Санітарія та Здоров'я	Знезараження сировини	Висока температура процесу (70–90°C) знищує більшість патогенних бактерій, цвілевих грибів та мікроорганізмів, підвищуючи безпечність корму для тварин.
Логістика	Компактність та стабільність	Вища щільність гранул, зменшення об'єму, відсутність розшарування при транспортуванні та ідеальна придатність для автоматизованої роздачі корму.

Матричні преси є найбільш поширеними та ефективними в Україні та світі. Вони забезпечують безперервний процес гранулювання та дозволяють отримувати брикети високої щільності (700–850 кг/м³). Однак їхніми основними недоліками є висока енергоємність (28–30 кВт·год/т) та підвищене перетирання кормів.

Висновок: Для подальших досліджень у галузі підвищення ефективності виробництва логічно обрати саме матричний гранулятор кормів, як найбільш репрезентативний і поширений тип обладнання, з метою вивчення шляхів зниження його енергоємності та оптимізації робочих процесів.

УДК 631.363

Рудченко А.М., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК ТА СУЧАСНИЙ СТАН КОМБІКОРМОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Ключові слова: Комбікормова промисловість, якість, гранулювання, екструдкування, тваринництво, птахівництво, економічна доцільність.

Комбікормова промисловість є ключовою ланкою, що забезпечує збалансованими поживними речовинами сучасне тваринництво (птахівництво, скотарство, рибориство). Її конкурентоспроможність визначається якістю продукції та економічною доцільністю, яка досягається поєднанням невисокої собівартості з гарантованим позитивним впливом на продуктивність тварин. В Україні ця галузь посідає значне місце в агропромисловому комплексі, виробляючи як готові комбікорми, так і білково-вітамінні добавки (БВД), премікси та заміники молока.

Еволюція та технологічний розвиток комбікормового виробництва

Розвиток комбікормової галузі в Україні та світі відбувався хвилеподібно, постійно вдосконалюючи технологічні процеси:

1. Початки (XIX ст. – 1940-ті рр.): перші комбікорми були простими сумішами подрібнено-

го зерна. З 1930-х років почалося формування комбікормових заводів.

2. Відновлення та Інтенсифікація (1950–1980-ті рр.): виробництво зростає, підприємства наближаються до сировинних баз і споживачів. З'являються БВД та премікси. У 1970–1980-х роках розпочалася інтенсифікація виробництва через впровадження водно-теплової обробки (екструдювання, експандування, пропарювання), що значно підвищило ефективність засвоєння кормів.

3. Еволюція Заводів:

- "Перше покоління" характеризувалося великою енергоємністю та громіздкими лініями.
- Наступні покоління перейшли до скорочення кількості обладнання, автоматизації та порційного принципу виробництва, що підвищило якість і зменшило витрати.

Ключові технологічні інновації. Важливою віхою, що стала невід'ємною частиною сучасної промисловості, є гранулювання – процес ущільнення та пресування кормових сумішей. Це покращує їх транспортування, зберігання та поїдання тваринами.

Сьогодні в Україні вже працюють заводи IV покоління, що базуються на сучасних технологіях і забезпечують високу якість продукції. Значний внесок у становлення технологій зробили вітчизняні науковці (В.А. Бутковський, А.П. Левицький та ін.) та зарубіжні дослідники.

Сучасний стан та тенденції світового й українського ринку. Сучасні обсяги виробництва комбікормів у світі, що оцінюється у понад 400 млрд доларів США щороку, визначаються динамікою розвитку тваринницької та птахівницької галузей. Серед найбільших світових виробників відзначають США, країни ЄС, Китай та Бразилію.

В Україні відновлення галузі після спаду 1990-х років було зумовлене швидким розвитком птахівництва на початку 2000-х.

Структура виробництва:

- Домінуюча частка: Найбільшу частку в структурі виробництва комбікормів (від 40 до 60% станом на 2019 рік) займає продукція для птахівництва, що відповідає глобальним тенденціям розвитку галузі.
- Друге місце: За обсягами виробництва слідує комбікорми для свиней.

Ця тенденція свідчить про високу концентрацію тваринництва в інтенсивних галузях (птахівництво та свинарство), де потреба у високоякісних та збалансованих кормах є найгострішою.

Зовнішньоекономічна діяльність:

Україна є нетто-експортером комбікормів (у 2012 р. експорт склав 78,9 тис. тонн, імпорт – 4,5 тис. тонн), хоча основними імпортованими товарами є дорожчі кормові добавки, премікси та готові кормосуміші з країн Європи та Китаю.

Комбікормова промисловість пройшла шлях від простих сумішей до високотехнологічних автоматизованих виробництв IV покоління, впроваджуючи водно-теплову обробку та гранулювання. Сучасна ефективність залежить від якості сировини, точності дозування та рівня автоматизації технологічних ліній. Постійне зростання світового ринку та домінуюча частка комбікормів для птахівництва в Україні підтверджують важливість цієї галузі для забезпечення продовольчої безпеки та подальшого розвитку інтенсивного тваринництва.

УДК 631.3.62-93

Садовий О.В., магістрант, Пономаренко І.Г., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ ОБПРИСКУВАЧІВ

Метою цієї публікації є проведення поглибленого аналізу факторів, що визначають якісні показники роботи обприскувального обладнання, зокрема таких параметрів, як рівномірність покриття поверхні, відхилення від заданої норми внесення та ступінь зносу крапель.

Застосування хімічних засобів захисту рослин є невіддільною складовою технології вирощування просапних культур. Протягом останніх десятиліть спостерігається сталий ріст

використання пестицидів для контролю бур'янів, комах-шкідників і різноманітних захворювань рослин. Комплексний аналітичний огляд використання пестицидів на двадцяти основних культурах у період з 1990 по 2020 роки засвідчив, що обсяги внесення активних речовин збільшилися більш ніж утричі протягом перших двадцяти років — від 88,7 млн кг у 1990 р. до 286,7 млн кг у 2001 р. Згодом цей показник дещо знизився до 236,1 млн кг у 2008 році, але загальна тенденція до зростання зберігається й нині. Це підтверджує, що застосування пестицидів залишається однією з ключових статей витрат у виробництві просапних культур [1].

Останніми роками все ширше впроваджується практика використання обприскувачів із подовженими штангами (ширина захвату понад 26,4 м) у поєднанні з роботою на швидкості, що перевищує стандартну (більше 19,3 км/год). Такий підхід дозволяє обробляти більші площі за менший проміжок часу. Водночас існує занепокоєння, що підвищення швидкості руху призводить до зменшення фактичної норми внесення через скорочення кількості крапель, які потрапляють на цільову поверхню [2].

Зміна швидкісного режиму під час внесення засобів захисту рослин безпосередньо впливає на продуктивність форсунок і розподіл крапель за розміром. При збільшенні швидкості руху формується більша частка дрібних крапель, що підвищує ймовірність їх дрейфу. Результати низки досліджень засвідчили, що підвищення швидкості обробки сприяє більшому розсіюванню пестицидів та зниженню рівня покриття цільових ділянок. Якість розпилення є важливою характеристикою, яка визначає тип форсунки залежно від отриманого діаметра крапель, а також суттєво впливає на рівномірність покриття та ступінь дрейфу.

Традиційно для внесення контактних препаратів використовуються стандартні форсунки з плоским соплом (типу TeeJet або XRC), які створюють дрібнодисперсне розпилення, забезпечуючи інтенсивне покриття листової поверхні або ґрунту. Водночас підвищений ризик дрейфу дрібних крапель спонукав до впровадження форсунок Вентурі (наприклад, TeeJet або ТТІ), які утворюють грубодисперсні краплі, краще пристосовані для внесення системних пестицидів і мінімізують втрати через знесення препарату [3].

Комбінація змін швидкості руху з іншими експлуатаційними похибками значно ускладнює стабільне підтримання заданої норми внесення під час обприскування. Водночас забезпечення постійної цільової норми (л/га) є критичним для точного дозування пестициду (кг/га) і досягнення належного рівня ефективності. З цією метою протягом останніх років було розроблено низку технологій точного розпилення, які активно впроваджуються на сучасних сільськогосподарських машинах для підвищення точності внесення препаратів.

Серед найпоширеніших рішень слід відзначити контролери норми, які компенсують похибки, характерні для традиційних систем, завдяки автоматичному регулюванню потоку робочої рідини, забезпечуючи стабільну норму незалежно від швидкості руху агрегату. Проте така компенсація досягається шляхом зміни тиску в системі розпилення, що своєю чергою впливає на характеристики краплеутворення. Для форсунок із фіксованим отвором підвищення тиску спричиняє утворення більшої кількості дрібних крапель, що може покращити рівномірність покриття, але водночас істотно збільшує ризик знесення препарату.

Раціональне та ефективне використання пестицидів є ключовим чинником збереження їхньої довготривалої ефективності у сільськогосподарському виробництві. Забезпечення точності внесення та мінімізація помилок, які призводять до потрапляння препаратів за межі цільової зони, мають першочергове значення для безпечного та результативного застосування засобів захисту рослин.

Поряд із дотриманням рекомендацій належної практики внесення, важливим напрямом підвищення ефективності є використання сучасних технологій точного розпилення — таких як контролер норми, автоматичне керування секціями штанги та індивідуальне регулювання форсунок. На ефективність обприскування та рівень покриття впливають численні фактори, пов'язані як із технічними параметрами обладнання, так і з умовами експлуатації. Серед них особливе значення мають швидкість руху агрегату та тип форсунки або розмір крапель, адже саме ці параметри визначають якість покриття, ефективність дії пестицидів і ступінь їх дрейфу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Toraman, M.C. Effects of Leaf Surface Energy on Pesticidal Performance. *Tarim Bilim. Derg.* 2019, 25, 174–180.
2. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.
3. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.

УДК 631.3.62-93

Пономаренко І.Г., магістрант, Садовий О.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПАРАМЕТРІВ РОЗПИЛУ

Метою цієї роботи є детальне дослідження чинників, що визначають ефективність функціонування форсунок обприскувачів. Особлива увага приділяється таким показникам, як рівень покриття робочої поверхні, продуктивність сопел, розподіл крапель за розмірами та ступінь їх знесення.

Основні критерії до якості розпилю, які впливають на досягнення найвищої результативності, базуються на трьох ключових характеристиках: здатності крапель утримуватися на цільовій поверхні, рівномірності розподілу та площі покриття робочого шару.

Вказані параметри залежать не лише від властивостей самого препарату, а й від особливостей оброблюваного об'єкта. Дрібні та середнього розміру краплі вважаються найбільш дієвими, оскільки вони краще затримуються на поверхні листя, ніж великі, які схильні стікати або відскакувати. Домінування дрібних частинок у факелі розпилю є бажаним під час обробки бур'янів типу вівсюга, видів просянок у зернових культурах, під час роботи з горохом, цукровими буряками у фазі сім'ядоль, а також при застосуванні контактних інсектицидів і фунгіцидів. Проте такі краплі легко знесені вітром і швидко випаровуються, тому вкрай важливо дотримуватись рекомендованої швидкості руху обприскувача, оптимальної температури повітря та мінімальної швидкості вітру. Великі краплі, навпаки, добре підходять для культур, що мають листя, здатне утримувати рідину — наприклад, квасолі чи олійних культур, де похиле розташування листків запобігає стіканню рідини, на відміну від гладкої поверхні капустяного листя [1].

Значний вплив на утримання крапель на поверхні мають прилипачі (ад'юванти), які входять до складу препаратів або додаються до робочого розчину безпосередньо перед обробкою. Зменшуючи динамічний поверхневий натяг, вони сприяють скороченню непродуктивних втрат препарату. Великі краплі легше проникають у стеблостій зернових, менше піддаються знесенню та випаровуванню, проте при використанні контактних засобів їх ефективність часто знижується. Зазвичай краплі великого діаметра більш придатні для внесення системних чи ґрунтових гербіцидів [2].

Якщо при незмінному об'ємі робочої рідини зменшити розмір крапель удвічі, кількість утворених частинок збільшиться у вісім разів, а площа покриття листової поверхні або ґрунту — до чотирьох разів. Такого ефекту можна досягти підбором розпилювачів меншого діаметра або шляхом підвищення тиску в системі обприскувача. Водночас дрібні форсунки витрачають менше рідини, але частіше забиваються, що може призводити до нерівномірного нанесення препарату. Форсунки великого діаметра, навпаки, стійкіші до засмічення, проте витрачають більше робочої суміші. Збільшення тиску також веде до підвищення витрати розчину та кількості дрібнодисперсних крапель. Для збереження встановлених норм витрати препарату на гектар доцільно регулювати параметри швидкості руху машини. При цьому не можна забувати, що дрібні краплі, попри їхню високу ефективність, надзвичайно чутливі до

випаровування і знесення [3].

Проникнення крапель усередину рослинного покриву є одним із визначальних факторів при виборі режимів обприскування. Для злакових культур, які мають вертикальну структуру, оптимальними вважаються великі краплі, здатні падати майже вертикально та проникати глибше в стеблостій. Для широколистих культур, навпаки, надмірно великі краплі осідають лише на верхньому шарі листя, не досягаючи нижніх. Наприклад, при обприскуванні картоплі або бавовнику доцільно використовувати дрібнодисперсне розпилення, адже дрібні частинки здатні рухатися горизонтально і потрапляти навіть у внутрішні яруси крони. Результати дослідів із використанням водочутливого паперу підтверджують, що такі краплі завдяки турбулентності рівномірно розподіляються в усіх ярусах, досягають нижньої поверхні листя та навіть осідають на ґрунті. Це особливо важливо у боротьбі зі шкідниками, які харчуються з нижнього боку листків. Однак при високих швидкостях руху техніки надмірна турбулентність може погіршити якість нанесення через уповільнене осідання крапель і їх часткове випаровування, що особливо відчутно при сильному вітрі або підвищеній температурі.

Кожен тип розпилювача — залежно від конструктивних особливостей, діапазону робочого тиску та матеріалу виготовлення — формує різну кількість крапель різного діаметра (від дуже дрібних до дуже великих), і співвідношення цих фракцій може змінюватися в широких межах. Це дає змогу оператору налаштовувати параметри системи відповідно до густоти посівів, виду культури чи специфіки обробки. Розмір крапель залишається критично важливим параметром у будь-яких умовах. Під час вибору форсунок і планування технологічного процесу варто враховувати три основні чинники: тип цільового об'єкта, властивості препарату та можливість знесення робочої рідини вітром.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Toraman, M.C. Effects of Leaf Surface Energy on Pesticidal Performance. *Tarim Bilim. Derg.* 2019, 25, 174–180.
2. Shan, C.; Wang, G.; Wang, H.; Xie, Y.; Wang, H.; Wang, S.; Chen, S.; Lan, Y. Effects of Droplet Size and Spray Volume Parameters on Droplet Deposition of Wheat Herbicide Application by Using Uav. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 2021, 14, 74–81.
3. Virk, S.; Prostko, E.; Kemerait, R.; Abney, M.; Rains, G.; Powell, C.; Carlson, D.; Jacobs, J.; Tyson, W. On-Farm Evaluation of Nozzle Types for Peanut Pest Management Using Commercial Sprayers. *Peanut Sci.* 2021, 48, 87–96.

УДК 504.7.06

Семірненко С.Л., к.т.н., доц., СНАУ, Суми, Україна

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА КОНСТРУКЦІЇ В АПК: ВІД ТРАДИЦІЙ ДО СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА

Ключові слова: зелене будівництво, агропромисловий комплекс (АПК), ВІМ-технології, інженерні мережі, енергоефективність, сталий розвиток.

1. Еволюція підходів до будівництва в АПК: від функціональності до сталого розвитку.

Традиційне будівництво в агропромисловому комплексі завжди було орієнтоване на швидкість та мінімальні початкові інвестиції. Зазвичай це призводило до використання простих, але неефективних рішень: типові металоконструкції, тонкі стіни, відсутність належної теплоізоляції. Такий підхід ігнорував експлуатаційні витрати, які згодом ставали значним фінансовим тягарем. Наприклад, великі втрати тепла взимку та перегрів приміщень влітку вимагали колосальних витрат на опалення або охолодження. Це не лише знижувало рентабельність, але й створювало некомфортні умови для тварин і персоналу, що безпосередньо впливало на продуктивність. По суті, така модель будівництва була економічно короткозорою.

2. Зелене будівництво в АПК: інновації та економічна доцільність.

Концепція зеленого будівництва, що втілюється через стандарти LEED і BREEAM, пропонує принципово інший підхід. Це не просто екологічний тренд, а економічно обґрунтована стратегія.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) – це найпоширеніша у світі система сертифікації «зеленого» будівництва. Вона оцінює об'єкти за низкою критеріїв, зокрема за енергоефективністю, водоефективністю, вибором матеріалів, якістю внутрішнього середовища та інноваційністю проєкту. За кожен критерій нараховуються бали, на підставі яких будівлі присвоюється певний рівень – від «сертифікованого» до «платинового».

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) – британська методика оцінки екологічної ефективності будівель, що також широко використовується у світі. Вона охоплює питання управління проєктом, здоров'я і комфорту людей, енергоспоживання, водокористування, вибору матеріалів, утилізації відходів, землекористування, екологічного впливу та боротьби із забрудненням.

Ці стандарти заохочують застосування пасивних рішень, таких як оптимізація орієнтації будівлі за сторонами світу для максимального використання природного світла та влаштування вітрозахисних бар'єрів. Додатково використовуються геотермальна енергія та сонячні колектори, що суттєво зменшує споживання електроенергії та газу. Крім того, водоефективність стає критично важливою, особливо в умовах зміни клімату. Системи збору дощової води для миття техніки чи поливу, а також очисні споруди для повторного використання води у виробничих циклах, допомагають економити цінні ресурси і знижувати витрати на водопостачання.

3. Сучасні вимоги: технології, безпека та автоматизація.

Сучасні промислові будівлі в АПК – це складні технологічні комплекси. Вони повинні відповідати суворим вимогам щодо санітарії та безпеки харчової продукції. Інженерні мережі перетворюються на «розумну» інфраструктуру. Ключовим елементом тут є ОВК (опалення, вентиляція та кондиціонування), але у сучасному виконанні. Це вже не просто труби та вентилятори, а інтелектуальні системи, що автоматично регулюють температуру, вологість та склад повітря. Наприклад, в тваринницьких приміщеннях системи ОВК підтримують оптимальний мікроклімат, що запобігає поширенню інфекцій та стресу у тварин. Додатково, «розумні» системи автоматизують годування та полив, збирають дані про здоров'я тварин через сенсори. Це створює основу для впровадження так званого точного землеробства та тваринництва.

4. Взаємозв'язок і синергія: BIM (Building Information Modeling) як інструмент інтеграції.

Ключовим моментом є інтеграція всіх компонентів: архітектурних рішень, конструкцій та інженерних мереж. BIM-технології (інформаційне моделювання будівель) стали незамінним інструментом для цього. BIM – це не просто 3D-модель, а комплексна технологія, що дозволяє створити єдину цифрову модель об'єкта, яка містить повну інформацію про кожен елемент: від геометрії до технічних характеристик, вартості та графіків обслуговування. Це допомагає виявити потенційні конфлікти між різними системами ще на етапі проєктування, оптимізувати використання матеріалів та значно скоротити терміни будівництва. Завдяки BIM можна розрахувати енергетичні характеристики будівлі, спрогнозувати її поведінку в різних умовах та ефективно керувати нею протягом усього життєвого циклу, що особливо важливо для сертифікації за стандартами LEED або BREEAM.

5. Висновок: шлях до майбутнього.

Перехід до зеленого будівництва в АПК – це не данина моді, а стратегічне рішення, що забезпечує довгострокову стійкість і конкурентоспроможність. Це інвестиція в енергоефективність, екологічну безпеку та автоматизацію виробничих процесів, яка в кінцевому підсумку окупається через зниження експлуатаційних витрат і підвищення продуктивності. Таким чином, інженерні мережі та конструкції перестають бути просто допоміжними елементами, а стають основою інноваційного та відповідального агропромислового виробництва.

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ У ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛАНЦЮГИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР: ШЛЯХ ДО ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Сучасний агропромисловий комплекс України стоїть перед викликом оптимізації виробництва зернових культур в умовах зростаючих глобальних потреб у продовольстві та одночасного тиску на зниження собівартості. Традиційні методи господарювання, що ґрунтуються на візуальному контролі та ручному управлінні сільськогосподарською технікою, часто призводять до неефективного використання ресурсів, зниження потенціалу врожайності та підвищення негативного впливу на довкілля. У цьому контексті, інтеграція систем паралельного водіння (СПВ) у технологічні ланцюги вирощування зернових культур є не просто модернізацією, а фундаментальним кроком до реалізації принципів точного землеробства [1].

Рутинні агротехнічні операції, такі як обробіток ґрунту, посів, внесення добрив та засобів захисту рослин, виконуються на полях з різним рельєфом, неоднорідною ґрунтовою структурою та часто в умовах обмеженої видимості. Це спричиняє:

- Неточне ведення агрегатів призводить до надмірної витрати пального, насіння, добрив та пестицидів на перекритих ділянках, та до втрати врожаю на пропущених. За деякими оцінками, втрати від перекриттів можуть сягати 5-10% пального та 3-5% матеріалів.
- Відхилення від заданої траєкторії впливає на рівномірність висіву насіння та внесення поживних речовин, що безпосередньо позначається на однорідності сходів та подальшому розвитку рослин.
- Необхідність постійної концентрації уваги для утримання агрегату на прямій лінії викликає втому, знижує продуктивність праці та підвищує ризик помилок, особливо при тривалих роботах або вночі.
- Збільшення холостих проїздів та неоптимальне використання робочого часу техніки знижує її загальну продуктивність та збільшує експлуатаційні витрати.

Системи паралельного водіння - це високотехнологічні рішення, що використовують глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) для визначення точного місцезнаходження сільськогосподарської техніки та забезпечення її руху по заданій траєкторії. Залежно від рівня автоматизації та точності, вони можуть бути представлені курсовказівниками з ручним керуванням (точність 15-30 см) або повністю автоматичними системами з автопілотом (точність до 2-5 см з RTK-корекцією).

Впровадження СПВ у вирощування зернових культур забезпечує мультиплікативний ефект, що позитивно впливає на всі аспекти виробничого процесу [2]:

- *Суттєва економія ресурсів*: усунення перекриттів дозволяє скоротити витрати пального на 10-20%, що є значним показником, враховуючи поточні ціни на енергоносії; точне внесення мінімізує надлишкове використання матеріалів, заощаджуючи до 5-15% від загальної вартості цих ресурсів. Це не тільки економічно вигідно, але й зменшує екологічне навантаження на ґрунт.
- *Збільшення врожайності та якості зерна*: рівномірний посів та точне внесення добрив і засобів захисту створюють оптимальні та однорідні умови для розвитку рослин на всій площі поля. Це сприяє підвищенню врожайності на 3-7% та покращенню якісних показників зерна; зменшення ущільнення ґрунту завдяки скороченню кількості проходів техніки позитивно впливає на його структуру та родючість.
- *Підвищення продуктивності праці та комфорту оператора*: зниження навантаження на оператора дозволяє працювати довше та ефективніше, особливо в нічний час або в умовах поганої видимості; збільшення робочої швидкості та зменшення втоми оператора сприяють зростанню загальної продуктивності виконання робіт на 15-25%.
- *Оптимізація управління та планування*: СПВ дозволяють створювати точні карти оброблених полів, фіксувати дані про внесені матеріали та ефективність виконання операцій. Ця інформація є неоціненною для аналізу, планування подальших дій та

прийняття обґрунтованих управлінських рішень; можливість збереження та повторення маршрутів сприяє підвищенню точності виконання робіт з року в рік.

- *Зниження екологічного навантаження*: оптимізація використання добрив та пестицидів зменшує їх вимивання у ґрунтові води та повітря, що сприяє сталому розвитку сільського господарства.

Незважаючи на значні переваги, інтеграція СПВ вимагає певних інвестицій та зусиль:

- Вартість високоточних систем може бути значною, проте швидка окупність (зазвичай 1-3 роки) за рахунок економії ресурсів робить їх привабливими для середніх та великих господарств.
- Ефективне використання СПВ потребує відповідного навчання операторів та агрономів, що сприятиме максимальному використанню потенціалу системи.
- Майбутнє за комплексними рішеннями, що поєднують СПВ з системами диференційованого внесення, моніторингом посівів за допомогою дронів та супутникових знімків, автоматизованими системами поливу та збору даних.

Перспективи розвитку систем паралельного водіння лежать у напрямку подальшого підвищення точності, розширення функціональних можливостей (наприклад, автоматичне розпізнавання перешкод, оптимізація маршрутів в реальному часі) та інтеграції у повні екосистеми "розумного поля". Це дозволить досягти безпрецедентного рівня ефективності та автоматизації, наблизивши українське зернове виробництво до стандартів глобального точного землеробства [3].

Впровадження систем паралельного водіння у технологічні процеси вирощування зернових культур є не просто елементом технічного прогресу, а стратегічним напрямком для підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора. Це дозволяє не тільки досягти значної економічної вигоди за рахунок економії ресурсів та збільшення врожайності, але й забезпечити екологічну сталість виробництва та підвищити якість продукції. Подальший розвиток та широке впровадження СПВ є ключовим фактором для переходу до точного землеробства в Україні, що забезпечить продовольчу безпеку та стабільний розвиток галузі у довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Mykhaylichenko Y. Digital Farming: tutorial / Y. Mykhaylichenko, O. Derkach, I. Volovyk ; Dnipro State Agrarian and Economic University. – Dnipro : Zhurfond, 2023. – 103 p. – Режим доступу : <https://dspace.dsau.dp.ua/handle/123456789/9822>
2. Програма паралельного водіння: сучасні рішення для точного землеробства. https://rtk-navigation.com/en/background-information/programa-paralelnogo-vodinnya-suchasni-rishennya-dlya-tochnogo-zemlerobstva?srsId=AfmBOoomJD0_OZJpJNbs2hF5lLcWbx5niPfaQqv9pjrfe7m6AgDHjMhC
3. Mukhamedova, K.R.; Cherepkova, N.P.; Korotkov, A.V.; Dugasheva, Z.B.; Tvaronavičiene, M. Digitalisation of Agricultural Production for Precision Farming: A Case Study. Sustainability 2022, 14, 14802. <https://doi.org/10.3390/su142214802>

УДК 631

Немченко О.П. магістрант, Харченко С.О., д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЇ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ: ДИСТАНЦІЙНА ДІАГНОСТИКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАКТОРІВ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ

Війна, яка триває в Україні, змінила не лише соціально-економічну ситуацію в країні, а й кардинально вплинула на всі галузі, зокрема аграрний сектор. Для фермерів та агропідприємств умови роботи стали набагато складнішими: частина земель замінована, логістика

ускладнена, дефіцит робочої сили та запчастин, а техніка часто працює в умовах підвищеного навантаження. У цих обставинах впровадження дистанційної діагностики та прогнозування технічного стану тракторів набуває ще більшої актуальності - це не лише про ефективність, а й про виживання бізнесу.

Війна в Україні поставила аграріїв у Сумському регіоні в екстремальні умови. Постійні обстріли, мінні поля, загроза дронів-камікадзе - все це вимагає нових підходів до управління технікою. У таких реаліях дистанційна діагностика, телеметрія і точне землеробство стали не лише корисними, а й рятівними [1].

У господарствах Сумщини використовуються системи GPS-навігації RTK із точністю 2-3 см, автопілоти для тракторів (наприклад, Trimble Autopilot, John Deere AutoTrac, Raven SmartTrax) - що значно знижує накладки під час обробки ґрунту й оптимізує роботу в екстремальних умовах [1]. Наприклад, учасники GPS-мережі Satcor (CLAAS) використовують точні картографічні маршрути, які скорочують зайві проходи техніки, економлять паливо і час - це має особливо велике значення, коли техніку потрібно сховати або швидко евакуювати [1].

Вбудовані сенсори та телеметричні системи дозволяють у режимі реального часу контролювати стан двигуна, трансмісії, гідравліки та електроніки, навіть коли техніка працює далеко від сервісних центрів чи базового складу господарства. В умовах війни, коли переміщення між регіонами може бути обмежене або небезпечне, дистанційний моніторинг зменшує потребу у фізичних виїздах сервісних бригад.

Якщо, наприклад, трактор працює в зоні, де інфраструктура зруйнована або існує загроза обстрілів, оперативна інформація про його технічний стан дозволяє планувати обслуговування так, щоб мінімізувати час перебування персоналу у небезпечних місцях.

Під час війни доступ до запчастин та сервісних ресурсів обмежений. Ланцюги постачання подовжені або перервані, і ремонт у польових умовах стає значно складнішим. Прогнозування технічного стану тракторів, засноване на аналізі даних сенсорів і історії експлуатації, дає змогу заздалегідь виявити потенційні проблеми.

Наприклад, якщо система фіксує зростання вібрації у підшипниках або падіння тиску в гідросистемі, фермер може заздалегідь замовити деталі та спланувати ремонт у безпечнішому місці, а не чекати, поки техніка вийде з ладу посеред поля.

Для впровадження систем дистанційної діагностики в умовах воєнних дій особливо важливими є:

1. Автономність і захищеність обладнання - датчики та модулі мають працювати без стабільної електромережі, жити від бортової системи та мати захист від пошкоджень.
2. Надійний канал зв'язку - інтернет-з'єднання часто нестабільне через руйнування інфраструктури, тому потрібна можливість передавати дані через супутниковий зв'язок або буферизувати їх для відправки при відновленні мережі.
3. Шифрування та кіберзахист - в умовах війни будь-які дані про місцезнаходження техніки та інфраструктуру можуть мати стратегічне значення, тож безпека інформації є критичною.

В умовах постійних викликів навіть короточасний простій трактора може призвести до зриву польових робіт, втрати врожаю та серйозних фінансових збитків. Дистанційна діагностика та прогнозування допомагають:

- уникати незапланованих простоїв;
- раціонально розподіляти техніку між безпечними та небезпечними ділянками;
- планувати обслуговування та ремонт так, щоб максимально скоротити час перебування у зоні ризику;
- економити ресурси, які стали ще більш дефіцитними.

Серед основних проблем - не лише висока вартість обладнання, але й обмежена доступність комплектуючих, збої у логістиці, загроза пошкодження техніки через бойові дії. Крім того, у багатьох випадках виникає потреба у швидкому навчанні персоналу новим технологіям, адже часу на адаптацію часто немає.

Попри складнощі, впровадження дистанційної діагностики зараз створює фундамент для післявоєнної модернізації агросектору. У майбутньому такі системи можуть інтегруватися не лише з іншими елементами «розумного» фермерства, а й з національними платформами відновлення сільського господарства, що дозволить швидко масштабувати ефективні рішення на всю країну.

Війна в Україні змусила агробізнес працювати в умовах постійного ризику, нестачі ресурсів та обмеженого доступу до сервісної підтримки. Дистанційна діагностика та прогнозування технічного стану тракторів у таких реаліях - це не розкіш, а життєво необхідний інструмент. Він дозволяє мінімізувати втрати, підвищувати ефективність і зберігати працездатність техніки навіть у найскладніших умовах. А після перемоги ці технології стануть основою нового етапу відновлення та розвитку українського аграрного сектору.

Фермери Сумщини працюють у найскладніших умовах - з мінним полем, дронами, зруйнованими складами, постійними обстрілами. Але саме в таких умовах технології точного землеробства, телеметрії й віддаленої діагностики стають не просто інновацією - а питанням виживання. Історії фермерів - це не драматичні художні образи, це реальність. У такому контексті впровадження сучасних систем дозволить уникати ризиків, ефективно використовувати ресурси і зберегти агробізнес навіть посеред війни - і створити фундамент для серйозного відновлення після перемоги [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В умовах війни: як аграрії на Сумщині утримують потужне виробництво й упроваджують сучасні технології. Агробізнес сьогодні. 2025. [Електронне джерело]. Режим доступу: https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/32478-v-umovakh-viiny-iak-ahrarii-na-sumshchyni-utrymuiut-potuzhne-vyrobnytstvo-i-uprovadzhuiut-suchasni-tekhnologii.html?utm_source=chatgpt.com
2. Peter Beaumont. Farmers turned soldiers, fields full of mines and a rural exodus: how Russia is punishing Ukraine's countryside . The Guardian.2025 . [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.theguardian.com/world/2025/jul/08/russia-war-ukraine-rural-agriculture-ukrainian-culture>

УДК 631

Нефедьєв А.С., магістрант, Харченко С.О., д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ВПРОВАДЖЕННЯМ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Соняшник - одна з найважливіших олійних культур у світі, і Україна є її ключовим виробником. Щоб залишатися конкурентоспроможними та забезпечувати високі врожаї, аграрії змушені шукати нові шляхи оптимізації виробництва. Відповіддю на ці виклики стає цифрове землеробство - комплекс технологій, що дозволяє збирати, аналізувати та використовувати дані для прийняття обґрунтованих рішень на кожному етапі вирощування. Впровадження цих інновацій у виробництво соняшнику відкриває величезні можливості для підвищення продуктивності, зниження витрат і мінімізації негативного впливу на довкілля [1].

Цифрове землеробство включає в себе широкий спектр інструментів, кожен з яких відіграє свою роль у підвищенні ефективності [2].

1. Системи точного землеробства (Precision Farming). Це фундамент цифрової трансформації. Системи GPS-навігації, встановлені на тракторах та комбайнах, дозволяють точно визначити місцезнаходження техніки на полі. Це уможливлює диференційоване внесення добрив, засобів захисту рослин та насіння. Замість того, щоб обробляти все поле однаково, системи точного землеробства дозволяють вносити ресурси лише там, де це справді необхідно. Наприклад, за допомогою карт урожайності, створених після збирання, можна визначити найменш продуктивні ділянки поля та у наступному сезоні скоригувати норми внесення добрив.

рив саме для цих зон.

2. Використання дронів та супутникового моніторингу. Це незамінні інструменти для швидкого та ефективного аналізу стану посівів. Супутники надають регулярні знімки полів, що дозволяє відстежувати вегетацію, виявляти стресові ділянки (дефіцит вологи, нестача поживних речовин, ураження шкідниками чи хворобами) та оцінювати загальний стан рослин. Дрони, оснащені мультиспектральними камерами, забезпечують ще більш детальні та точні дані. Завдяки їхній швидкості та маневреності, аграрії можуть оперативно реагувати на виявлені проблеми, наприклад, здійснюючи точкове внесення гербіцидів чи інсектицидів.

3. Сенсори та IoT-пристрої (Інтернет речей). Датчики, встановлені безпосередньо на полях, збирають важливі дані в режимі реального часу. Метеостанції фіксують температуру повітря, вологість, швидкість вітру та кількість опадів. Датчики вологості ґрунту допомагають оптимізувати графік поливу, запобігаючи надмірному або недостатньому зволоженню. Ця інформація дозволяє моделювати розвиток хвороб, планувати строки обробки та раціонально використовувати водні ресурси, що є особливо актуальним для вирощування соняшнику в посушливих регіонах.

Як це впливає на продуктивність вирощування соняшнику?

Впровадження цих технологій дає конкретні та вимірювані результати [3].

1. *Економія ресурсів.* Завдяки диференційованому внесенню добрив та засобів захисту рослин аграрії можуть скоротити їхнє споживання на 10-20% без втрати врожайності. Оптимізація поливу завдяки датчикам вологості ґрунту дозволяє економити воду та енергію. Точне землеробство також мінімізує кількість пального, необхідного для обробітку, оскільки унеможливорює повторні проходи техніки.
2. *Підвищення врожайності.* Точне внесення добрив та оперативне реагування на проблеми, виявлені за допомогою дронів і супутників, дозволяє соняшнику реалізувати свій максимальний генетичний потенціал. За даними досліджень, використання технологій точного землеробства може підвищити врожайність соняшнику на 5-15%. Раннє виявлення хвороб та шкідників, а також своєчасна боротьба з бур'янами, зберігає здоров'я рослин та, відповідно, майбутній врожай.
3. *Зниження ризиків та покращення прогнозування.* Аналіз великих масивів даних дозволяє більш точно прогнозувати врожайність, що є важливим для планування логістики та продажів. Крім того, завдяки постійному моніторингу аграрії можуть своєчасно виявляти несприятливі погодні явища та вживати заходів для мінімізації їхнього впливу.

Попри очевидні переваги, впровадження цифрових технологій вимагає значних початкових інвестицій та навчання персоналу. Однак, з огляду на швидку окупність та значний економічний ефект, ці інвестиції є цілком виправданими.

Раціональне використання ресурсів знижує навантаження на екосистеми, запобігає забрудненню води та ґрунтів, сприяє збереженню біорізноманіття. Оптимізація обробітку ґрунту допомагає зменшити ерозійні процеси та зберегти вуглецевий баланс.

Отже, цифрове землеробство - це не просто набір інструментів, це нова філософія управління агробізнесом, де ключову роль відіграють дані. Для українських аграріїв, що вирощують не тільки соняшник, а і всі сільськогосподарські культури, це шлях до сталого розвитку, підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку та, що найважливіше, - до стабільних та високих врожаїв. Цифрове землеробство дозволяє аграріям приймати обґрунтовані рішення на основі точних даних, ефективно використовувати ресурси, знижувати витрати та підвищувати рентабельність. Перехід на цифрові технології — це не лише інновація, а й стратегічна необхідність для збереження конкурентоспроможності українського аграрного виробництва [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія вирощування соняшнику: етапи, нюанси від сівби до збирання. 2024. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://superagronom.com/articles/720-tehnologiya-viroschuvannya-sonyashniku-etapi-nyuansi-vid-sivbi-do-zbirannya>.

2. Механізовані технології в системах точного землеробства. Журнал Агроном. 2025. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.agronom.com.ua/mehanizovani-tehnologiyi-v-systemah-tochnogo-zemlerobstva/>
3. СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА. ADVANCED FARMING SYSTEMS від Case IH. AFS Brochure_.indd. Електронне джерело]. Режим доступу: https://assets.cnhindustrial.com/caseih/emea/EMEAASSETS/Products/AFS%C2%AE-Advanced-Farming-Systems/Brochures/final_2021_AFS%20Brochure_UKR.pdf

УДК 631

Оксененко О.О., СНАУ, м.Суми, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ҐРУНТОЗАХИСНОГО ОБРОБІТКУ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ

Проблема ущільнення ґрунту є однією з найгостріших у сучасному землеробстві, оскільки вона прямо впливає на врожайність та стійкість агроценозів. Надмірне ущільнення призводить до погіршення аерації, зменшення водопроникності, що створює несприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин. Традиційні методи контролю цього параметру часто є трудомісткими, неточними та не дозволяють оперативно реагувати на зміни. У цьому контексті впровадження цифрових систем контролю щільності ґрунту стає не просто бажаним, а необхідним елементом оптимізації ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Ці системи, що базуються на використанні сучасних сенсорів, GNSS-технологій та аналітичного програмного забезпечення, забезпечують точний і безперервний моніторинг стану ґрунту, відкриваючи нові можливості для управління технологічними процесами [1].

Основна перевага цифрових систем полягає в їхній здатності надавати об'єктивні дані в режимі реального часу, що дозволяє перейти від "оціночного" підходу до "точного" землеробства. Замість того, щоб покладатися на візуальні спостереження або рідкісні вимірювання, фермери отримують повну картину просторової мінливості щільності ґрунту на кожному полі. Це дає змогу ідентифікувати зони з підвищеним ущільненням і застосовувати диференційований підхід до обробітку ґрунту, уникаючи непотрібного механічного впливу на неуцільнені ділянки. Такий підхід не тільки зменшує шкоду для ґрунтової структури, але й веде до значної економії палива та ресурсів. Цифрові датчики, вбудовані в навісне обладнання, можуть фіксувати опір ґрунту під час руху агрегату, а дані з них, оброблені спеціальним програмним забезпеченням, створюють детальні карти щільності. Ці карти є основою для прийняття рішень щодо глибини обробітку, вибору знарядь та їх налаштувань.

Важливою складовою є також інтеграція цих систем з іншими елементами "розумного" землеробства. Дані про щільність ґрунту можуть бути використані для коригування норм внесення добрив, оскільки доступність поживних речовин напряму залежить від стану ґрунтового середовища. В умовах ущільнення ґрунту зменшується біологічна активність, що ускладнює мінералізацію органічних речовин і засвоєння поживних елементів рослинами. Цифрові системи дозволяють адаптувати агрохімічні заходи до реальних потреб ґрунту, підвищуючи ефективність використання ресурсів. Крім того, аналіз даних за декілька років дає можливість прогнозувати динаміку ущільнення і розробляти довгострокові стратегії управління ґрунтовими ресурсами. Це сприяє не лише миттєвому покращенню, але й створює основу для сталого розвитку господарства [2].

На практиці впровадження цифрових систем контролю щільності ґрунту вимагає розробки та адаптації відповідних алгоритмів та програмного забезпечення. Ці програми повинні не тільки збирати дані, але й інтерпретувати їх, надаючи користувачеві чіткі рекомендації. Наприклад, на основі карт щільності система може автоматично генерувати завдання для тракторів, обладнаних змінними знаряддями або системами точного висіву. Це дозволяє реалізувати повністю автоматизовані технологічні операції, що мінімізує вплив людського фак-

тора та підвищує точність виконання робіт. Такі технології особливо актуальні для вирощування високорентабельних культур, таких як соняшник та кукурудза, де навіть незначне ущільнення може призвести до суттєвих втрат урожаю [3].

Економічна ефективність таких систем є очевидною. Хоча початкові інвестиції у придбання обладнання можуть бути значними, вони швидко окупаються за рахунок економії палива, добрив, засобів захисту та зростання врожайності. Зменшення механічного навантаження на ґрунт веде до підвищення його родючості в довгостроковій перспективі, що є головним критерієм сталого землеробства. Також цифрові системи дозволяють мінімізувати ризики, пов'язані з непередбачуваними змінами погодних умов, оскільки вони допомагають оперативного коригувати технології обробітки. Це робить сільськогосподарське виробництво більш гнучким і адаптивним. Отже, впровадження цифрових систем контролю щільності ґрунту є критично важливим кроком на шляху до створення ефективних, економічно обґрунтованих та екологічно відповідальних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечують стабільність і продовольчу безпеку в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан українських ґрунтів стає проблемою екологічної безпеки країни. Superagronom. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://superagronom.com/news/9421-stan-ukrayinskih-gruntiv-staye-problemoyu-ekologichnoyi-bezpeki-krayini>
2. Розвиток рушіїв сільськогосподарської техніки у новітньому періоді. Завод колісних систем Консіма. [Електронне джерело]. Режим доступу: <http://consima.com.ua/2018/11/04/rozvytok-rushiiv-sgt-unp/>
3. Налобіна, О. О., Голотюк, М. В., & Пуць, В. С. (2023). Дослідження впливу ущільнення ґрунту на його основні характеристики. Сільськогосподарські машини, 49, 39- 45. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1017>

УДК 631

Алещенко Р. О., магістрант, Харченко С.О., д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОСІВУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING

В умовах зростаючого світового попиту на продовольство та обмежених ресурсів, оптимізація кожного етапу сільськогосподарського виробництва стає критично важливою. Посів, як перший і один із найфундаментальніших кроків, відіграє вирішальну роль у визначенні майбутнього врожаю. Технології точного землеробства, зокрема Precision Planting, відкривають нові горизонти для аграріїв.

Традиційні методи посіву, попри свою перевіренисть часом, часто страждають від низки недоліків: нерівномірне розміщення насіння, непослідовна глибина загортання, неоптимальний контакт насіння з ґрунтом та інші фактори, що знижують потенціал урожайності. Ці проблеми призводять до нерівномірного розвитку рослин, втрат врожаю та нераціонального використання ресурсів. У той час як кожен аграрій прагне максимізувати врожайність з кожного гектара, ці недоліки стають неприпустимими.

Саме тут на допомогу приходить Precision Planting – не просто набір інструментів, а цілісна філософія, яка перетворює посів на науково обґрунтований процес. Це не просто оновлення обладнання, а інтеграція передових технологій, які дозволяють досягти неперевершеної точності та контролю. Суть цієї технології полягає у можливості контролювати кожен аспект процесу посіву: від швидкості та відстані між насінинами до глибини їхнього закладання та тиску на висівний апарат. Це досягається завдяки використанню високоточних датчиків, систем моніторингу в реальному часі, автоматичного регулювання та програмного забезпечення для аналізу даних [1].

Одним із ключових аспектів удосконалення посіву за технологією Precision Planting є оп-

тимізація рівномірності розміщення насіння. Це означає, що кожна насінина розташовується на ідеальній відстані від іншої, забезпечуючи оптимальний доступ до світла, води та поживних речовин. Традиційні сівалки часто стикаються з проблемою подвійних або пропущених посівів, що призводить до нерівномірних сходів і зниження врожайності. Технології, такі як вакуумні висівні апарати з високою точністю та системи контролю висіву, дозволяють мінімізувати ці недоліки, забезпечуючи майже ідеальну розстановку насіння.

Інший важливий аспект – це контроль глибини загортання насіння. Різні культури та типи ґрунтів потребують різної глибини посіву для оптимального проростання. Precision Planting дозволяє автоматично регулювати глибину загортання кожної насінини, адаптуючись до змін у структурі ґрунту та забезпечуючи стабільні умови для розвитку кореневої системи. Це досягається за рахунок використання електричних приводів, які точно контролюють роботу висівних апаратів [1].

Оптимізація контакту насіння з ґрунтом також є ключовим фактором. Після загортання насіння, важливо забезпечити його щільний контакт з ґрунтом для ефективного поглинання вологи. Системи Precision Planting використовують спеціальні прикочуючі колеса та механізми, які створюють оптимальне ущільнення ґрунту навколо насіння, сприяючи швидкому та дружньому проростанню [2].

Адаптивні рішення є серцем технології Precision Planting. Ці рішення дозволяють системі "вчитися" та адаптуватися до змінних умов поля в режимі реального часу. Наприклад, системи автоматично регулюють тиск на висівний апарат залежно від твердості ґрунту, забезпечуючи постійну глибину посіву навіть на нерівних ділянках. Змінна норма висіву (Variable Rate Seeding) дозволяє сіяти різну кількість насіння на різних ділянках поля, враховуючи карти врожайності, вміст поживних речовин у ґрунті та інші агрономічні дані. Це дозволяє використовувати насіння більш ефективно, уникаючи надмірного або недостатнього висіву [3].

Інтеграція датчиків та систем моніторингу в реальному часі надає аграріям безпрецедентний рівень інформації. Оператор може бачити на екрані монітора в кабіні трактора дані про швидкість посіву, відстань між насінинами, глибину загортання, якість посіву та інші параметри. Це дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення та вносити корективи, забезпечуючи високу якість посіву на всьому полі. Пост-посівний аналіз даних також надає цінну інформацію для майбутніх рішень, дозволяючи відстежувати ефективність застосованих стратегій та постійно вдосконалювати процес.

Переваги від впровадження технології Precision Planting є численними та значними. Це, перш за все, збільшення врожайності за рахунок оптимального використання генетичного потенціалу рослин. Рівномірні сходи та належне розміщення насіння сприяють здоровому та сильному розвитку культури. По-друге, це оптимізація використання ресурсів, включаючи насіння, добрива та воду. Змінна норма висіву та точне розміщення насіння дозволяють мінімізувати втрати та знизити витрати на виробництво. По-третє, це зменшення експлуатаційних витрат завдяки більш ефективному використанню пального та зниженню зносу обладнання. Крім того, знижується вплив на навколишнє середовище за рахунок точного внесення ресурсів [3].

У довгостроковій перспективі, Precision Planting сприяє розвитку сталого землеробства. Зменшення використання ресурсів та підвищення ефективності виробництва роблять сільське господарство більш екологічно відповідальним та економічно вигідним. Це не просто технологія для поточного сезону, а інвестиція у майбутнє, яка дозволяє аграріям бути більш конкурентоспроможними та адаптуватися до мінливих умов ринку та клімату.

Підсумовуючи, удосконалення посіву за технологією Precision Planting є невід'ємною частиною сучасного ефективного сільського господарства. Вона дозволяє аграріям перейти від інтуїтивного посіву до науково обґрунтованого, керованого даними процесу. Завдяки оптимізації рівномірності розміщення насіння, контролю глибини загортання, покращенню контакту насіння з ґрунтом та використанню адаптивних рішень, ми можемо значно підвищити ефективність посівних агрегатів, максимізувати врожайність та забезпечити стабільний розвиток агропромислового комплексу. Майбутнє сільського господарства безперечно належить

точним технологіям, і Precision Planting є одним із флагманів цієї трансформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Граца, Д. Precision Planting виводить сівалку на новий рівень (PrecisionPlantingtakesheplantertoanewlevel). Traktorist.ua.Retrieved May 25, 2025, from <https://traktorist.ua/articles/889-dmitro-gratsa-precision-planting-vivodit-sivalku-na-noviy-riven>
2. Precision Planting . https://www.smartfarming.ua/smartfarming-ofitsiynyy-dyler-precision-planting-v-ukrayini/?utm_source=chatgpt.com
3. Експерти Precision Planting розповіли, як досягати 99,9% сингуляції при посіві кукурудзи.2020. <https://kurkul.com/news/21666-eksperti-precision-planting-rozpovili-yak-dosyagati-999-singulyatsiyi-pri-posivi-kukurudzi>

УДК 631

Олексенко О.О., магістрант, Харченко С.О., д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ҐРУНТОЗАХИСНОГО ОБРОБІТКУ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ

Проблема ущільнення ґрунту є однією з найгостріших у сучасному землеробстві, оскільки вона прямо впливає на врожайність та стійкість агроценозів. Надмірне ущільнення призводить до погіршення аерації, зменшення водопроникності, що створює несприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин. Традиційні методи контролю цього параметру часто є трудомісткими, неточними та не дозволяють оперативно реагувати на зміни. У цьому контексті впровадження цифрових систем контролю щільності ґрунту стає не просто бажаним, а необхідним елементом оптимізації ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Ці системи, що базуються на використанні сучасних сенсорів, GNSS-технологій та аналітичного програмного забезпечення, забезпечують точний і безперервний моніторинг стану ґрунту, відкриваючи нові можливості для управління технологічними процесами [1].

Основна перевага цифрових систем полягає в їхній здатності надавати об'єктивні дані в режимі реального часу, що дозволяє перейти від "оціночного" підходу до "точного" землеробства. Замість того, щоб покладатися на візуальні спостереження або рідкісні вимірювання, фермери отримують повну картину просторової мінливості щільності ґрунту на кожному полі. Це дає змогу ідентифікувати зони з підвищеним ущільненням і застосовувати диференційований підхід до обробітки ґрунту, уникаючи непотрібного механічного впливу на неущільнені ділянки. Такий підхід не тільки зменшує шкоду для ґрунтової структури, але й веде до значної економії палива та ресурсів. Цифрові датчики, вбудовані в навісне обладнання, можуть фіксувати опір ґрунту під час руху агрегату, а дані з них, оброблені спеціальним програмним забезпеченням, створюють детальні карти щільності. Ці карти є основою для прийняття рішень щодо глибини обробітки, вибору знарядь та їх налаштувань.

Важливою складовою є також інтеграція цих систем з іншими елементами "розумного" землеробства. Дані про щільність ґрунту можуть бути використані для коригування норм внесення добрив, оскільки доступність поживних речовин напряму залежить від стану ґрунтового середовища. В умовах ущільнення ґрунту зменшується біологічна активність, що ускладнює мінералізацію органічних речовин і засвоєння поживних елементів рослинами. Цифрові системи дозволяють адаптувати агрохімічні заходи до реальних потреб ґрунту, підвищуючи ефективність використання ресурсів. Крім того, аналіз даних за декілька років дає можливість прогнозувати динаміку ущільнення і розробляти довгострокові стратегії управління ґрунтовими ресурсами. Це сприяє не лише миттєвому покращенню, але й створює основу для сталого розвитку господарства [2].

На практиці впровадження цифрових систем контролю щільності ґрунту вимагає розро-

бки та адаптації відповідних алгоритмів та програмного забезпечення. Ці програми повинні не тільки збирати дані, але й інтерпретувати їх, надаючи користувачеві чіткі рекомендації. Наприклад, на основі карт щільності система може автоматично генерувати завдання для тракторів, обладнаних змінними знаряддями або системами точного висіву. Це дозволяє реалізувати повністю автоматизовані технологічні операції, що мінімізує вплив людського фактора та підвищує точність виконання робіт. Такі технології особливо актуальні для вирощування високорентабельних культур, таких як соняшник та кукурудза, де навіть незначне ущільнення може призвести до суттєвих втрат урожаю [3].

Економічна ефективність таких систем є очевидною. Хоча початкові інвестиції у придбання обладнання можуть бути значними, вони швидко окупаються за рахунок економії палива, добрив, засобів захисту та зростання врожайності. Зменшення механічного навантаження на ґрунт веде до підвищення його родючості в довгостроковій перспективі, що є головним критерієм сталого землеробства. Також цифрові системи дозволяють мінімізувати ризики, пов'язані з непередбачуваними змінами погодних умов, оскільки вони допомагають оперативно коригувати технології обробітку. Це робить сільськогосподарське виробництво більш гнучким і адаптивним. Отже, впровадження цифрових систем контролю щільності ґрунту є критично важливим кроком на шляху до створення ефективних, економічно обґрунтованих та екологічно відповідальних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечують стабільність і продовольчу безпеку в умовах кліматичних змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан українських ґрунтів стає проблемою екологічної безпеки країни. Superagronom. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://superagronom.com/news/9421-stan-ukrayinskih-gruntiv-staye-problemoyu-ekologichnoyi-bezpeki-krayini>
2. Розвиток рушіїв сільськогосподарської техніки у новітньому періоді. Завод колісних систем Консіма. [Електронне джерело]. Режим доступу: <http://consima.com.ua/2018/11/04/rozvytok-rushiiv-sgt-unp/>
3. Налобіна, О. О., Голотюк, М. В., & Пуць, В. С. (2023). Дослідження впливу ущільнення ґрунту на його основні характеристики. Сільськогосподарські машини, 49, 39- 45. <https://doi.org/10.36910/acm.vi49.1017>

УДК 004.9:631.95:001.895

В'юненко О.Б., к.е.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна

СИСТЕМНЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПІВ ТРІЗ

Цифрова трансформація агропромисловості — це не просто тренд, а стратегічна необхідність. Сучасне агропідприємство вже не обмежується традиційними технологіями вирощування чи логістики; воно функціонує як складна кіберфізична система, де дані, аналітика та автоматизація є основою прийняття рішень. Сучасна ІТ-інфраструктура агропідприємства охоплює: сервери й мережеві ресурси; IoT-сенсори та контролери; системи управління ресурсами (ERP, CRM); аналітичні модулі для прогнозування врожайності. Разом вони створюють “цифровий мозок” підприємства, який забезпечує стабільність, ефективність та стійкість до ризиків.

ТРІЗ (теорія розв’язання винахідницьких задач) — це системний підхід, розроблений Генріхом Альтшуллером, який дозволяє знаходити інноваційні рішення шляхом усунення протиріч у системі. В ІТ-інфраструктурі ТРІЗ допомагає: виявити приховані проблеми в архітектурі; усунути технічні протиріччя між продуктивністю, безпекою та вартістю; формулювати “ідеальний кінцевий результат” — систему без втрат, з максимальною ефективністю. Типова ІТ-система агропідприємства складається з: локальних серверів для облікових і виробничих систем; хмарних рішень для аналітики; IoT-сенсорів для моніторингу поля, вологості, темпе-

ратури; мережевих модулів для зв'язку між полем і центральним офісом. Кожен елемент впливає на інші — зміна в одному модулі створює нові протиріччя в інших. Тому ТРІЗ підходить ідеально: він дозволяє бачити систему як цілісний організм.

Загалом можливо виділити наступні технічні і організаційні протиріччя для агропромислових підприємств:

- Протиріччя №1: Висока продуктивність vs. низькі витрати. Підприємство прагне швидкої обробки даних, але обмежене бюджетом. ТРІЗ-рішення: Принцип 1 — Сегментація. Використання контейнеризованих сервісів (Docker, Kubernetes), які дозволяють масштабувати систему без придбання нового обладнання.
- Протиріччя №2: Централізація даних vs. Гнучкість. Єдина база спрощує адміністрування, але знижує гнучкість. ТРІЗ-рішення: Принцип 15 — Динамічність. Впровадження гібридної архітектури (on-prem + cloud) з автоматичним переміщенням навантажень.
- Протиріччя №3: Автоматизація процесів vs. людський контроль. Повна автоматизація створює ризики втрати контролю. ТРІЗ-рішення: Принцип 25 — Самообслуговування. Система повинна самостійно моніторити аномалії й пропонувати оператору дії (AI-assisted monitoring).
- Протиріччя №4: Безпека vs. Швидкість. Сильне шифрування уповільнює роботу з даними. ТРІЗ-рішення: Принцип 10 — Попередня дія. Використання попереднього кешування та адаптивного шифрування, що активується лише при підозрі на загрозу.

Таким чином формується ідеальний кінцевий результат (ІКР): “Система функціонує без втручання людини, забезпечує стабільність і безпеку, сама прогнозує збої та мінімізує витрати.x”. На практиці це означає: впровадження edge computing для обробки даних ближче до джерела; інтеграцію AI-модулів для прогнозування технічних збоїв; використання цифрових двійників для віртуального тестування змін.

ТРІЗ зараз відіграє стратегічну роль у цифровій еволюції агропідприємств. ТРІЗ — це не лише інструмент інженерів, а й потужна методологія стратегічного мислення. Її впровадження в IT-інфраструктуру агропідприємства дозволяє: 1) перетворити проблеми на джерела інновацій; 2) підвищити ефективність IT-сервісів; 3) забезпечити сталий розвиток через технологічну гнучкість. ТРІЗ — це міст між технологією, бізнесом і наукою, який дозволяє агропідприємствам перейти від цифрової адаптації до цифрової еволюції.

Сучасне агропромислове підприємство вже не є лише виробником сировини — це інформаційно-керована екосистема, де IT-інфраструктура відіграє ключову роль у забезпеченні конкурентоспроможності. Застосування ТРІЗ дозволяє не просто оптимізувати окремі елементи системи, а перебудувати логіку управління підприємством у напрямку інноваційної адаптації. ТРІЗ допомагає менеджерам IT-підрозділів мислити не реактивно (виправляти проблеми), а проактивно (передбачати та запобігати). Наприклад, замість постійного нарощування серверних потужностей, підприємство може: аналізувати вузькі місця в навантаженні; прогнозувати “піки” активності; автоматично масштабувати хмарні ресурси під попит. Це втілення принципу “Ідеального кінцевого результату” (ІКР), коли система працює без збоїв, не потребуючи постійного втручання.

ТРІЗ забезпечує не лише оптимізацію технічних параметрів, а й економічну ефективність, що критично важливо для агросектору з його високою залежністю від зовнішніх факторів. ТРІЗ поступово стає фундаментом для нових підходів у AgriTech 5.0, де поєднуються штучний інтелект, автоматизація, роботизація та біотехнології. У цьому контексті ТРІЗ сприяє: створенню самонавчальних систем управління господарством; підвищенню інтелектуальної автономності аграрних машин; формуванню мережевих спільнот знань, де ТРІЗ виступає методологічним ядром. ТРІЗ — це стратегічна технологія мислення, що допомагає системно вирішувати проблеми IT-інфраструктури агропідприємства. Основна сила ТРІЗ — у подоланні протиріч, а не в їх уникненні. Її інтеграція дозволяє створити адаптивну, стійку та економічно ефективну цифрову систему. У майбутньому ТРІЗ може стати базовим інструментом інноваційної культури управління IT у всьому аграрному секторі.

ОГЛЯД ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ СУМІШЕЙ КОРМІВ У МАЛИХ ТВАРИННИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Ключові слова: малі тваринницькі господарства, механізація годівлі, повноцінний змішаний раціон, енергозберігаючі машини, конверсія корму, кормороздавачі-змішувачі, рентабельність.

Витрати на корми становлять понад 50% від загальних витрат на виробництво тваринницької продукції, що робить їх ключовим фактором, який визначає рентабельність господарства. Проте, як показує практика, українські тваринницькі підприємства часто мають значно вищі показники витрат кормів на одиницю продукції порівняно з європейськими країнами. Наприклад, в Україні на приріст 1 кг ваги свиней витрачається 5,2 кг корму, тоді як у Нідерландах – лише 2,65 кг. Такий розрив свідчить про низьку ефективність систем годівлі.

У малих тваринницьких господарствах ця проблема особливо гостра, оскільки вони мають обмежені фінансові ресурси та переважно використовують застарілі технології. Наразі існує нагальна потреба в розробці та впровадженні економічно вигідних рішень, що допоможуть малим фермам підвищити продуктивність тварин, мінімізувати витрати та забезпечити конкурентоспроможність.

Проведено аналіз та оцінку сучасних технологічних рішень і технічних засобів для приготування кормів, що використовуються в тваринництві. На основі отриманих даних обґрунтовано необхідність створення та адаптації малогабаритних, енергозберігаючих машин, орієнтованих на потреби малих тваринницьких господарств.

Результати дослідження:

1. Проблематика використання існуючих технологій:

- Існуючі технології та машини, що застосовуються на великих тваринницьких комплексах, характеризуються високою метало- та енергоємністю. Потужність приводів таких машин, як правило, становить 50–80 кВт, що робить їхнє придбання та експлуатацію економічно недоцільними для малих господарств.
- Значні капітальні інвестиції, необхідні для будівництва спеціалізованих сховищ, виробничих приміщень, а також придбання та обслуговування дорогої імпоротної техніки, є практично нереальними для більшості малих ферм в умовах фінансової нестабільності.
- Через відсутність доступу до централізованих джерел кормів та технічних засобів, малі господарства змушені застосовувати спрощені методи годівлі, що призводить до значних втрат корму та зниження його засвоюваності.

2. Переваги збалансованих кормових раціонів:

- Дослідження, що проводяться з 1970-х років, однозначно доводять, що згодовування багатокомпонентних змішаних раціонів (ПЗР – повноцінний змішаний раціон) значно підвищує ефективність годівлі. Такий підхід забезпечує збалансоване надходження поживних речовин, сприяє травленню та покращує засвоюваність корму.
- Аналіз ефективності різних технологічних прийомів переробки кормів підтверджує, що приготування повнораціонних кормових сумішей є найбільш результативним, підвищуючи продуктивність тварин на 20-25%. Інші методи, як-от плющення зерна чи термічна обробка, дають менший ефект (9% та до 19% відповідно).

3. Перспективи розвитку механізації для малих господарств:

- На сьогодні для малих підприємств найбільш прийнятною є технологія почергового згодовування компонентів, яка, однак, є дуже трудомісткою. Перехід до системи приготування повнораціонних сумішей можливий лише за умови розробки малотоннажних технічних засобів.
- Аналіз існуючих на ринку мобільних кормороздавачів показав, що найперспективнішими є змішувачі-роздавачі, які змішують компоненти, що завантажені у бункер пошарово. Це дозволяє значно знизити енергоспоживання, що є критично важливим для малих ферм. За

даними аналізу, потужність таких машин становить у середньому 11,2 кВт, тоді як при змішуванні корму в бункері вона може сягати 56,6 кВт.

Таким чином, для забезпечення ресурсозбереження та підвищення ефективності малих тваринницьких господарств є необхідним вдосконалення існуючих технологій та розроблення нових, малогабаритних, енергозберігаючих машин. Ці машини мають відповідати сучасним вимогам, забезпечувати ефективне змішування кормів, мінімізувати частку ручної праці, скорочувати втрати кормів і підвищувати їхню засвоюваність. Впровадження таких рішень дозволить не тільки збільшити продуктивність тварин та знизити собівартість продукції, а й забезпечити сталий розвиток і конкурентоспроможність малого бізнесу в галузі тваринництва.

Тарасов Я.Д., магістрант, Ткаченко В.І., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна

ВИКОРИСТАННЯ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Обробіток ґрунту є однією з ключових ланок у технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур. Для виконання цього завдання застосовується значна кількість машин та знарядь різного призначення. Зокрема, культиватори використовуються для розпушування ґрунту, знищення бур'янів, внесення мінеральних добрив, підгортання та нарізування поливних борозен.

За функціональним призначенням культиватори поділяються на машини для суцільного обробітку ґрунту та просапні культиватори. До першої групи належать парові культиватори, призначені для догляду за парами та передпосівного обробітку ґрунту, культиватори-плоскорізи для розпушування стерньових полів на глибину до 16 см, а також культиватори-розпушувачі, садові та лісові. Просапні культиватори використовують для міжрядного обробітку посівів із метою знищення бур'янів і покращення аерації ґрунту.

Основним робочим органом культиватора є лапа, яка під час експлуатації піддається інтенсивному абразивному впливу ґрунту, що спричиняє її швидке зношування. Інтенсивність зносу залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, зокрема від коефіцієнта тертя ґрунту по металу, вологості та гранулометричного складу.

Абразивні процеси, що відбуваються під час роботи сільськогосподарських машин, поділяються на дві основні групи: механо-хімічного та механічного руйнування. Для першої групи характерне пластичне деформування поверхневих шарів металу з їхнім подальшим окисненням та утворенням оксидних плівок. Друга група відзначається пружно-пластичним деформуванням без відділення частинок металу або з утворенням мікростружки. Останній тип зносу зустрічається рідше, оскільки пов'язаний із граничними станами міцності матеріалу. Тип абразивного процесу визначається співвідношенням твердості абразивних частинок і поверхневого шару металу та діапазоном силового навантаження.

Найбільш поширеним методом відновлення культиваторних лап є наплавлення металу, що компенсує втрати матеріалу внаслідок зношування. Проте недоліком цього способу є низький ресурс роботи відновлених лап через невідповідність матеріалу умовам абразивного навантаження та недостатню твердість відновленої поверхні.

У зв'язку з цим запропоновано дослідити можливість підвищення зносостійкості відновлених лап шляхом нітроцементатації методом електроіскрового легування (ЕІЛ). Для реалізації процесу застосовуються установки електроіскрового легування типу «ЕІЛ-8А» та «Елітрон-52А», а також вібраційне обладнання, оснащене пристроєм для подачі технологічного газу в зону оброблення.

Сутність процесу нітроцементатації полягає в цементатації поверхні графітовим електродом у середовищі азоту, який насичує поверхневий шар деталі. Дослідження мікроструктури та розподілу мікротвердості по глибині для сталі 40Х показали, що нітроцементатація забезпечує

більш виражений зміцнювальний ефект порівняно зі звичайною цементацією.

Також проведено експериментальні дослідження впливу енергії розряду на характеристики поверхневого шару під час нітроцементзації зразків із сталей 20 та 40. Отримано мікроструктури та побудовано профілі розподілу мікротвердості, що дозволяє визначити оптимальні параметри режиму оброблення.

Отримані результати дають можливість сформулювати технологічні рекомендації щодо підвищення зносостійкості та подовження терміну служби відновлених культиваторних лап.

Кравченко О.С., магістрант, Савченко М.М., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Аналіз особливостей експлуатації зернозбиральних комбайнів є важливим аспектом для забезпечення ефективності сільськогосподарського виробництва. Основними критеріями оцінки роботи комбайнів є їх продуктивність, надійність, економічність і відповідність агротехнічним вимогам.

Перш за все, слід враховувати конструктивні особливості зернозбиральних комбайнів, зокрема тип молотарки, потужність двигуна, ширину жатки та інші технічні характеристики. Вибір моделі комбайна залежить від розмірів оброблюваних площ, типу вирощуваних культур і кліматичних умов регіону.

Експлуатація комбайнів вимагає дотримання ряду правил, зокрема регулярного технічного обслуговування, перевірки вузлів і агрегатів перед початком сезону збору врожаю, а також своєчасного усунення несправностей. Особливу увагу слід приділяти налаштуванню робочих органів комбайна для мінімізації втрат зерна та забезпечення високої якості обмолоту.

Також важливим фактором є підготовка операторів комбайнів. Високий рівень кваліфікації персоналу дозволяє ефективно використовувати техніку, зменшувати ризик поломок і підвищувати продуктивність роботи.

В умовах сучасного сільського господарства дедалі більше уваги приділяється впровадженню інноваційних технологій, таких як системи автоматичного керування, датчики для моніторингу врожайності та GPS-навігація. Це дозволяє оптимізувати процес збору врожаю, знижуючи витрати пального та підвищуючи точність виконання операцій.

Аналіз особливостей експлуатації зернозбиральних комбайнів є багатогранним процесом, що охоплює технічні, організаційні та економічні аспекти. Комплексний підхід до цього питання сприяє підвищенню ефективності аграрного виробництва та забезпеченню стабільного врожаю.

Причини втрати працездатності зернозбиральних комбайнів можуть бути пов'язані як із технічними несправностями, так і з зовнішніми факторами. Основні причини можна класифікувати наступним чином:

1. Технічний знос і пошкодження деталей

- Зношення рухомих частин, таких як підшипники, ремені, ланцюги та шестерні.
- Поломки вузлів через недостатнє обслуговування або використання неякісних матеріалів.
- Несправності двигуна, гідравлічної системи чи трансмісії.

2. Недостатнє технічне обслуговування

- Нерегулярне проведення профілактичних оглядів та обслуговування.
- Використання невідповідних мастильних матеріалів або їх несвоєчасна заміна.
- Ігнорування інструкцій з експлуатації, що призводить до перевантаження механізмів.

3. Неправильна експлуатація

- Порушення технології роботи, наприклад, перевищення допустимих навантажень або швидкості.
- Робота на полях із високим рівнем вологості чи нерівною поверхнею без відповідного налаштування техніки.

4. Вплив зовнішніх факторів

- Висока запиленість, яка може спричинити засмічення фільтрів та систем охолодження.
- Агресивні погодні умови, такі як надмірна спека чи дощ, які впливають на роботу електронних систем та механічних вузлів.

5. Якість палива та витратних матеріалів

- Використання низькоякісного палива може призвести до засмічення паливної системи та зниження ефективності роботи двигуна.
- Неякісні запасні частини або витратні матеріали підвищують ризик поломок.

6. Застаріла модель техніки

- Відсутність сучасних систем діагностики та автоматизації у старих моделях комбайнів.
- Обмежена доступність запчастин для ремонту старих машин.

Для мінімізації втрат працездатності зернозбиральних комбайнів важливо дотримуватися графіка технічного обслуговування, використовувати якісні матеріали та запасні частини, а також забезпечувати навчання персоналу для правильної експлуатації техніки.

УДК 631

Мікуліна М.О., доцент, Вербняк В.М., студент ШНАУ, Суми, Україна

PRECISION FARMING SYSTEMS AS THE BASIS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION.

The modern stage of agricultural production development is characterized by high demands for resource efficiency, environmental safety, and stable crop yields. In light of global challenges such as climate change, population growth, and the need to guarantee food security, traditional farming methods are losing their effectiveness. Under these conditions, the implementation of precision farming systems comes to the forefront, combining modern digital technologies, engineering solutions, and innovative approaches to production management.

The essence of precision farming lies in a differentiated approach to soil tillage, sowing, fertilization, and crop protection, taking into account the spatial and temporal heterogeneity of agricultural landscapes. Unlike traditional technologies, precision farming does not apply a single method to the entire field but adapts to the specific characteristics of individual areas, which significantly reduces resource consumption and increases crop productivity.

The main tools of precision farming include the use of global positioning systems (GPS, GLONASS), geographic information systems (GIS), soil and crop monitoring sensors, and unmanned aerial vehicles for remote sensing and analysis. Additionally, automated control systems for agricultural machinery and software for big data analysis are being introduced.

The economic effect of precision farming is confirmed by numerous practical calculations. The use of variable-rate application of fertilizers and crop protection products reduces their consumption by 15–25%, while crop yields increase on average by 10–20%. In financial terms, this results in a significant reduction in production costs and an increase in the profitability of agricultural enterprises.

The ecological effect lies in reducing the anthropogenic load on the environment. Optimized fertilizer and pesticide application lowers the risks of soil and water pollution, supports biodiversity restoration, and contributes to the formation of sustainable agroecosystems.

Thus, precision farming becomes an important element in implementing the concept of sustainable agricultural development.

Technological advantages of precision farming include the ability to deeply analyze the state of agricultural landscapes and create databases for long-term planning.

The use of drones, sensors, and automated machinery ensures real-time crop monitoring, enabling farmers to quickly identify problem zones and make data-driven decisions. In the future, this creates the foundation for the transition to fully automated, robotic farming systems.

An equally important factor is the socio-economic impact of precision farming systems. They

contribute to raising the qualifications of agricultural workers, stimulate the development of related industries (machinery manufacturing, IT technologies), and strengthen the competitiveness of agricultural products on global markets.

Conclusions. Precision farming systems represent a key direction in the innovative development of agriculture. They ensure a balance between economic benefits and environmental responsibility, promote rational resource use, increase crop yields and product quality. In the long run, precision farming will become the foundation for building intelligent agricultural systems based on artificial intelligence and big data.

Therefore, the introduction of precision farming technologies not only guarantees production efficiency but also ensures the sustainable development of agriculture under global challenges.

Moreover, the widespread adoption of these systems can help reduce regional disparities in agricultural productivity, making advanced technologies accessible even to small and medium-sized farms.

This contributes to strengthening food security at both national and global levels. In addition, precision farming supports the transition towards a circular economy in agriculture, where resources are used more rationally, and environmental impact is minimized.

УДК 631

Поливаний А.Д., викладач, Заєць М. А., студент СНАУ, Суми, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.

Сучасний розвиток аграрного сектору безпосередньо залежить від впровадження інноваційних технологій, здатних забезпечити ефективне використання ресурсів, підвищення врожайності та зменшення негативного впливу на довкілля. Одним із ключових напрямів трансформації аграрного виробництва є точне землеробство, основу якого становлять системи моніторингу й управління. Вони дозволяють аграріям отримувати актуальні дані про стан посівів, ґрунтів, техніки та навколишнього середовища, а також ухвалювати рішення на основі цифрової інформації.

Моніторинг у точному землеробстві передбачає безперервний збір та аналіз даних про параметри виробництва. Це включає: контроль якості ґрунтів (структура, вологість, кислотність, рівень поживних речовин); спостереження за станом посівів (ріст, розвиток, пошкодження шкідниками чи хворобами); відстеження погодних умов у режимі реального часу; діагностику роботи машинно-тракторного парку. Моніторинг є фундаментом для управління, адже лише на основі достовірних даних можна ухвалювати обґрунтовані рішення.

Сьогодні у світі активно впроваджуються нові рішення, які значно розширюють можливості аграріїв. Серед основних: Супутникові технології та дрони. Використання супутникових знімків та аерофотозйомки з безпілотників дозволяє відстежувати неоднорідність полів, визначати проблемні ділянки та оцінювати стан рослинності за індексом NDVI.

Сенсорні системи. У ґрунт та на рослини встановлюють сенсори, які вимірюють температуру, вологість, рівень освітленості, вміст азоту та інші параметри. Інтернет речей (IoT). Завдяки IoT-пристроєм різні елементи агросистеми (сівалки, обприскувачі, трактори, системи зрошення) підключаються до єдиної цифрової мережі для централізованого збору даних.

Системи “розумного поля”. Це інтегровані програмні комплекси, що об’єднують дані з дронів, супутників і сенсорів у єдину інформаційну панель для агронома.

Збір даних неможливий без їхнього ефективного використання. Управління в точному землеробстві здійснюється на основі: GPS-навігації та автопілотів. Трактори, комбайни та сівалки оснащуються системами точного позиціонування, що дозволяє уникати перекриттів, зменшувати витрати пального та рівномірно висівати насіння.

Систем диференційованого внесення. Програми аналізують дані моніторингу та формують карти-завдання для внесення добрив, насіння чи засобів захисту рослин саме там, де це

потрібно. Це скорочує витрати ресурсів до 20–30%.

Штучного інтелекту та Big Data. Алгоритми аналізують величезні масиви даних та прогнозують врожайність, визначають оптимальний час для посіву чи збору врожаю, попереджають про ризики хвороб чи шкідників. Інноваційні рішення дозволяють регулювати подачу води відповідно до потреб конкретної ділянки поля, що забезпечує економію до 40% водних ресурсів.

Економічна та екологічна ефективність. Застосування інноваційних технологій моніторингу та управління дозволяє досягти відчутних результатів: підвищення врожайності на 10–20%; зниження витрат на добрива та засоби захисту на 15–25%; скорочення витрат пального на 10–15%; зменшення антропогенного навантаження на довкілля.

Інноваційні технології моніторингу та управління є основою розвитку систем точного землеробства. Вони забезпечують точність і оперативність прийняття рішень, сприяють економії ресурсів, підвищують врожайність і знижують негативний вплив на довкілля. У майбутньому їх розвиток буде пов'язаний із більш активним використанням штучного інтелекту, робототехніки та хмарних платформ для управління агробізнесом. Саме такі технології формують нову парадигму аграрного виробництва, орієнтовану на сталий розвиток, інноваційність і глобальну продовольчу безпеку.

УДК 631

Мікуліна М.О., доцент кафедри агроінжинірингу, СНАУ, Суми, Україна

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ АГРОВИРОБНИЦТВА.

Сільське господарство завжди було й залишається однією з провідних галузей економіки України. Його розвиток визначає продовольчу безпеку держави, рівень життя сільського населення та експортний потенціал країни. У сучасних умовах глобалізації та конкуренції особливої ваги набуває питання підвищення економічної ефективності агровиробництва. Вирішальним чинником тут виступає технічне забезпечення процесів виробництва, адже саме сучасна техніка та технології формують основу для інтенсивного розвитку галузі, оптимізації витрат і підвищення врожайності.

Економічна ефективність у сільському господарстві – це співвідношення отриманих результатів (урожайність, обсяги продукції, прибуток) до витрат ресурсів (земельних, трудових, матеріальних та фінансових). Вона визначає здатність господарства до саморозвитку та конкурентоспроможності на ринку. Основними критеріями ефективності виступають: рівень урожайності сільськогосподарських культур та продуктивності тваринництва; собівартість одиниці продукції; рентабельність виробництва; продуктивність праці; фондіввіддача та ресурсозбереження.

Умовою досягнення високих показників є не лише правильна організація виробництва, але й сучасна технічна база, яка дає змогу реалізовувати інноваційні технології.

Технічне забезпечення – це комплекс машин, обладнання, енергетичних засобів та технологічних рішень, які застосовуються для здійснення аграрних процесів: від обробітку ґрунту та посіву культур до збирання врожаю і його переробки. Від рівня оснащеності господарства технікою залежить продуктивність праці, якість виконання операцій і, відповідно, кінцевий економічний результат. Основні складові технічного забезпечення: тракторний парк – основа механізації польових робіт. Потужні й економічні трактори дозволяють скоротити строки виконання агротехнічних операцій. Засоби обробітку ґрунту та посіву – сівалки, культиватори, плуги, які забезпечують рівномірність і якість підготовки ґрунту, а отже, сприяють підвищенню врожайності. Збиральна техніка – комбайни, жатки, що мінімізують втрати врожаю під час жнив. Транспортні засоби – для перевезення врожаю, добрив, кормів тощо. Обладнання для тваринництва – системи автоматизованого доїння, годівлі, клімат-контролю в приміщеннях. Інноваційні технології – GPS-навігація, системи точного земле-

робства, дрони для моніторингу полів, автоматизовані системи управління фермою. Взаємозв'язок технічного забезпечення та економічної ефективності. Залежність між технічним оснащенням і економічною результативністю є прямою та очевидною. Сучасні машини дозволяють підвищувати продуктивність праці в декілька разів, скорочувати строки виконання робіт і знижувати собівартість продукції. Крім того, застосування сучасних технологій точного землеробства дає змогу оптимально використовувати добрива й засоби захисту рослин, що не лише знижує витрати, а й мінімізує шкоду довкіллю. Автоматизовані системи у тваринництві скорочують трудомісткість процесів та підвищують якість продукції.

Незважаючи на важливість цього чинника, технічна база багатьох аграрних підприємств України все ще перебуває на недостатньому рівні. Основні проблеми: зношеність техніки; висока вартість сучасного обладнання, що ускладнює його придбання для дрібних і середніх господарств; нестача фінансових ресурсів та обмежений доступ до кредитування; дефіцит кваліфікованих кадрів; нерівномірність розвитку: великі агрохолдинги мають сучасну техніку, тоді як малі фермери часто використовують застарілу.

Економічна ефективність агровиробництва є результатом взаємодії багатьох факторів, серед яких провідне місце належить технічному забезпеченню. Сучасна техніка та інноваційні технології дозволяють оптимізувати виробничі процеси, знизити витрати й підвищити конкурентоспроможність аграрних підприємств. Таким чином, технічне забезпечення є не лише інструментом механізації, а й стратегічним ресурсом, який визначає економічну ефективність, сталий розвиток аграрного сектору та його інтеграцію у світову економіку.

УДК 631

Поливаний А.Д., викладач СНАУ, Суми, Україна

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РОСЛИННИЦТВІ.

Рослинництво є базовою галуззю аграрного виробництва, яка формує продовольчу безпеку країни та забезпечує сировиною суміжні сфери економіки. Ефективність його функціонування значною мірою залежить від рівня використання науково-технічних досягнень, сучасних машин і обладнання, методів організації виробництва та управління ресурсами. В умовах глобальної конкуренції та кліматичних викликів особливого значення набуває техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) впровадження сучасних технологій, яке дозволяє об'єктивно оцінити доцільність інновацій та їх вплив на продуктивність і рентабельність виробництва.

ТЕО у рослинництві — це комплексний аналіз, який включає: **Технічний аспект** – визначення потреби в сучасній техніці, обладнанні, технологічних процесах, програмному забезпеченні. **Економічний аспект** – розрахунок витрат, очікуваних доходів, термінів окупності, рівня рентабельності та економічної ефективності впровадження. **Екологічний аспект** – оцінка впливу нових технологій на довкілля, стан ґрунтів, якість продукції. **Соціальний аспект** – вплив на зайнятість, умови праці, підвищення кваліфікації персоналу.

Таким чином, техніко-економічне обґрунтування виступає інструментом прийняття управлінських рішень і дозволяє уникнути ризиків, пов'язаних із неефективним використанням інновацій. До ключових технологічних рішень, що потребують техніко-економічної оцінки, належать: системи точного землеробства; автоматизація та роботизація; інноваційні методи захисту рослин; системи ефективного зрошення; енергозберігаючі технології. Обґрунтування ефективності впровадження сучасних технологій у рослинництві зазвичай включає такі етапи: збір інформації; розрахунок витрат; оцінка продуктивності; розрахунок економічних показників.

Економічна ефективність впровадження сучасних технологій

Дослідження показують, що впровадження точного землеробства, автоматизації та сучасних систем зрошення може дати такі результати: зростання врожайності на 10–25%; ско-

рочення витрат на паливо до 15%; економія насіння та добрив до 20–30%; зниження собівартості продукції на 12–18%; підвищення рентабельності виробництва на 20–30%.

Наприклад, використання диференційованого внесення добрив при вирощуванні кукурудзи дозволяє знизити витрати на 250–300 грн/га та одночасно підвищити урожайність на 5–7 ц/га.

Окрім економічних вигод, впровадження сучасних технологій забезпечує: раціональне використання природних ресурсів (води, ґрунту, енергії); зменшення негативного впливу на довкілля завдяки скороченню використання хімічних препаратів; підвищення якості сільськогосподарської продукції, що відповідає стандартам безпечності харчування; поліпшення умов праці за рахунок автоматизації процесів; стимулювання розвитку інноваційних компетенцій у працівників аграрної сфери.

Техніко-економічне обґрунтування впровадження сучасних технологій у рослинництві є важливим інструментом забезпечення ефективності аграрного виробництва. Воно дозволяє зважено оцінити потенційні вигоди та ризики, обґрунтувати доцільність інвестицій, спрогнозувати окупність та рентабельність нововведень. Практика показує, що інноваційні технології в рослинництві сприяють підвищенню продуктивності, зниженню собівартості, охороні довкілля та розвитку людського капіталу.

Таким чином, саме системний підхід до техніко-економічного обґрунтування має стати основою для прийняття управлінських рішень у сучасних аграрних підприємствах. У перспективі подальший розвиток рослинництва буде пов'язаний із більш широким використанням цифрових технологій, автоматизації та штучного інтелекту, що створить нові можливості для зростання ефективності та конкурентоспроможності українського аграрного сектору.

Ткаченко В.І., магістрант, Тарасов Я.Д., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Ефективність функціонування сільськогосподарської техніки значною мірою визначається її надійністю, тобто здатністю стабільно виконувати задані технологічні операції з мінімальними витратами праці та матеріальних ресурсів протягом тривалого періоду експлуатації. Вихід машин із ладу внаслідок відмов призводить до простоїв, що, у свою чергу, порушує агротехнічні строки виконання польових робіт. Це може спричинити втрати врожаю сільськогосподарських культур на рівні 15–30%. Навіть незначне зниження показників надійності техніки, враховуючи великі площі посівів, призводить до суттєвих економічних збитків. Зокрема, запізнення із сівбою ярих культур лише на 5 днів через відмову техніки може знизити урожайність на 3,3 ц/га.

Працездатність і довговічність сільськогосподарських машин значною мірою залежать від інтенсивності зношування деталей, що працюють у парах тертя. Практичний досвід експлуатації показує, що до 80–90% деталей машин виходять із ладу саме через знос. Правильний вибір матеріалів і покриттів для трибосполучень дає змогу істотно підвищити зносостійкість і продовжити строк служби вузлів тертя. Оптимізація вибору захисних покриттів є одним із найбільш ефективних і економічно доцільних шляхів підвищення надійності та ресурсу мобільної сільськогосподарської техніки.

Одним із сучасних напрямів захисту поверхонь тертя є використання високих технологій інженерії поверхні, зокрема нанотехнологій, що передбачають нанесення молекулярних плівок (епіламів) — покриттів із унікальним комплексом експлуатаційних властивостей.

Епілам — це склад, який утворює на поверхні твердого тіла тонку молекулярну плівку після випаровування розчинника. Основою складу є розчинник (фторвуглець, спирт, вода, трихлоретилен тощо) і одна або кілька поверхнево-активних речовин (ПАР).

Термін епілам з'явився у 1920-х роках ХХ ст. і спочатку використовувався для позна-

чення складів, що наносяться на поверхні трибосполучень із метою запобігання розтіканню мастильного матеріалу із зони тертя. Першим запропонував застосування таких складів швейцарський учений П. Воог для обробки деталей годинникових механізмів, щоб запобігти витіканню олії з підшипникових вузлів. Перший вітчизняний епілам ЕН-3 був розроблений у Г. І. Фуксом та Л. В. Тимофєєвою, а подальші дослідження у цьому напрямі виконувалися в Державному інституті прикладної хімії.

При нанесенні розчинів епіламів на тверді поверхні формується орієнтований шар молекул фторвмісних ПАР, який істотно змінює енергетичний стан поверхні. У результаті змінюються умови змочування, збільшується крайовий кут змочування, зменшується розтікання мастила, а робота адгезії знижується на 20–25% у порівнянні з необробленими поверхнями. Енергія змочування при цьому зменшується приблизно у 1,5 раза.

Нанесення епіламів сприяє підвищенню триботехнічних характеристик як пар тертя, підшипників та трибосполучень, так і самих мастильних матеріалів. Механізм їх протизносної дії полягає у структурному впорядкуванні мастильного шару, що підвищує його несучу здатність і стабілізує коефіцієнт тертя. Крім того, змінюються структура, фазовий стан і мікрогеометрія контактуючих поверхонь, що сприяє зменшенню мікрошорсткості, збільшенню площі фактичного контакту та зниженню питомого навантаження.

На сьогодні епілами широко застосовуються у виробництві механізмів, точних приладів, електронних компонентів, радіотехнічних пристроїв і засобів зв'язку, а також мають перспективи використання у сільськогосподарському машинобудуванні для підвищення ресурсу пар тертя та зниження втрат на технічне обслуговування.

Савченко М.М., магістрант, Кравченко О.С., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна

СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ Й ВІДНОВЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ JOHN DEERE БЕЗПОСЕРЕДНЬО В ПОЛІ

Сектор сільського господарства вирішально залежить від передової техніки, зокрема комбайнів, задля максимізації врожайності та ефективності збору врожаю. Серед ключових виробників комбайнів, John Deere вирізняється завдяки своїй відданості якості та довговічності продукції. Однак ефективність їхньої системи сервісного обслуговування та ремонту у польових умовах стала предметом занепокоєння серед користувачів та стейкхолдерів. У цьому аналізі буде проведено порівняння сучасних практик обслуговування комбайнів John Deere, виявлено відмінності між підходом John Deere та системами його конкурентів, а також розглянуто виклики, які стоять на шляху створення ефективної системи технічної підтримки та відновлення. Через цей комплексний порівняльний огляд будуть виявлені сильні та слабкі сторони стратегії John Deere, що в кінцевому підсумку вкаже на напрямки, які потребують покращення у сфері підтримки цих критично важливих сільськогосподарських машин.

Поточна методологія технічного обслуговування комбайнів John Deere базується на поєднанні запланованих профілактичних заходів та польових ремонтних робіт. Регулярне обслуговування зазвичай виконується за встановленим графіком, прив'язаним до напруження годин або сезонних циклів, і включає такі процедури, як заміна мастил, фільтрів, а також загальні технічні огляди. Наприклад, John Deere прописує конкретні часові рамки для періодичних перевірок, як-от заміна повітряних фільтрів після кожних 500 мотогодин роботи, що є життєво необхідним для забезпечення оптимальної роботи двигуна. Ремонт безпосередньо на місці експлуатації також є критично важливим елементом, оскільки це дозволяє фермерам оперативно усувати механічні несправності, уникаючи необхідності транспортування техніки до сервісних центрів. Для мінімізації простоїв часто застосовуються такі методи, як екстрена зварка, оперативна заміна елементів або використання портативних діагностичних приладів. Тим не менш, оцінка цих поточних методів демонструє неоднозначну результативність; хоча профілактичне обслуговування здатне запобігти серйозним поломкам, надмірне

покладання на польовий ремонт часто призводить до тимчасових рішень, які не усувають першопричину проблеми. Ця подвійність підкреслює необхідність більш інтегрованої стратегії, що гармонійно поєднує як превентивне, так і корекційне обслуговування.

Зіставлення системи технічної підтримки John Deere з пропозиціями конкурентів виявляє значні розбіжності у частоті сервісних операцій та загальній надійності техніки. Ключові конкуренти, зокрема Case IH і New Holland, розробили системи, що надають перевагу частішим та більш проактивним графікам обслуговування, часто інтегруючи передові технології, як-от телематику, для моніторингу стану обладнання у режимі реального часу. Наприклад, система AFS Connect від Case IH дозволяє користувачам отримувати миттєві попередження про потенційні проблеми до їхнього переростання у серйозні поломки, що підвищує надійність і скорочує непередбачені простої. Крім того, технологічний прогрес, помітний у системах конкурентів, наприклад, застосування доповненої реальності для пошуку та усунення несправностей, додатково підтверджує відставання John Deere у прийнятті передових рішень. Ба більше, регулярні опитування задоволеності клієнтів постійно показують: незважаючи на високу оцінку якості техніки John Deere, її конкуренти часто демонструють кращі результати у сфері сервісної підтримки та швидкості реагування на запити з технічного обслуговування. Ця невідповідність є критичною, оскільки вона впливає не лише на лояльність клієнтів, але й позначається на загальній продуктивності аграрних підприємств.

Незважаючи на інноваційні переваги, система сервісу та ремонту комбайнів John Deere стикається з низкою труднощів, які знижують її загальну ефективність на місцях. Однією з найважливіших проблем є логістична складність, пов'язана з обслуговуванням техніки в польових умовах, особливо у віддалених сільськогосподарських регіонах, де доступ до офіційних сервісних центрів є обмеженим. Ця проблема ускладнюється необхідністю мати спеціалізовані деталі та інструменти, які можуть бути недоступними, що призводить до затримок у виконанні ремонтних робіт та зростання невдоволення серед операторів, які потребують оперативних рішень. Крім того, існує значний дефіцит кваліфікованих кадрів, відповідальних за виконання ремонтів; багато механіків можуть не мати спеціальної підготовки, необхідної для діагностики та обслуговування новітніх, технологічно складних моделей. У результаті, цей брак навичок може призводити до неправильної діагностики та неякісних ремонтів, що продовжує час простою обладнання. Вирішення цих викликів вимагає комплексного підходу, що зосереджується на посиленні логістичної інфраструктури, покращенні доступності запасних частин та інвестуванні у навчання персоналу, щоб гарантувати, що сервісні команди будуть повністю готові до роботи зі складною сучасною технікою.

Система сервісного обслуговування і ремонту комбайнів John Deere, хоча й має міцну основу у вигляді ефективних планових процедур, демонструє необхідність суттєвого вдосконалення порівняно з конкурентними системами. Контрастуючі стратегії обслуговування та технологічні інновації конкурентів підкреслюють нагальну потребу для John Deere поліпшити свої послуги та клієнтську підтримку. Крім того, логістичні проблеми, обмеження у доступі до запасних частин та дефіцит кваліфікованого персоналу акцентують увагу на важливості стратегічної реорганізації, необхідної для того, щоб John Deere зберегла лідерство на ринку сільськогосподарської техніки. Усунувши ці прогалини, John Deere зможе підвищити операційну ефективність для своїх клієнтів і, як наслідок, зміцнити свою репутацію провідного виробника в аграрному секторі.

УДК 631.362

Цегельник М.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ГРУБИХ КОРМІВ ПЕРЕД ЗГОДОВУВАННЯМ

Ключові слова: Грубі корми, механізація, пресування, подрібнення, технологічна лінія, заготівля сіна, малі ферми.

Ефективне тваринництво неможливе без забезпечення худоби повноцінними за поживними речовинами кормами. Грубі корми (сіно, солома тощо) становлять значну частину раціону, але їхня підготовка до годівлювання вимагає застосування спеціальних технологій та засобів механізації. Метою підготовки є підвищення засвоюваності поживних речовин, рівномірний розподіл у кормовій суміші та зниження втрат при заготівлі й зберіганні. Незважаючи на загальну необхідність, упровадження механізованих рішень, особливо на малих фермах, стикається з низкою проблем.

Переваги сучасних методів заготівлі грубих кормів. Одним із найбільш перспективних і поширених способів заготівлі сіна є пресування у тюки або рулони. Цей метод забезпечує низку істотних економічних та агротехнічних переваг:

- Мінімальні втрати врожаю: Втрати не перевищують 5%, при цьому значно знижуються втрати найціннішої частини рослин – листя.
- Економія ресурсів: Зниження загальних витрат на 35% та працевитрат на 39%.
- Збільшення виходу корму: Додаткове одержання 200–250 кг корму з кожного гектара сіяних трав.
- Ефективність зберігання: Більш раціональне використання сховищ та навісів.
- Покращення якості: Пресування сприяє покращенню якості корму, полегшенню роздачі та нормування при годівлюванні.

У світі пресується до 90% сіна. Водночас, в інших країнах (за матеріалами досліджень) упровадження цього способу часом стримувалося через відсутність необхідних вантажно-розвантажувальних засобів та високу вартість пресувального обладнання.

Особливості технологічних схем підготовки грубих кормів. Підготовка грубих кормів для годівлі худоби здійснюється за різними технологічними схемами, які формують поточні технологічні лінії. Кількість машин і операцій у лінії визначається типом заготовлених кормів, місцем їх зберігання, а також вимогами технологічного процесу та конструктивними особливостями обладнання.

Технологічні лінії призначені для виконання таких видів обробки:

1. Механічна обробка:

- Накопичення, навантаження, доставка та розвантаження.
- Дозування.
- Подрібнення.

2. Термохімічна або біологічна обробка.

Основною операцією механічної підготовки грубих кормів, що безпосередньо впливає на продуктивність тварин, є подрібнення. Якісне подрібнення забезпечує:

- Необхідну засвоюваність поживних речовин.
- Більш рівномірний розподіл подрібнених частинок у кормовій суміші, що критично важливо для повноцінного годування.

Проблеми механізації на малих фермах та висновки

Незважаючи на доведену економічну та технологічну доцільність, у сфері малих фермерських господарств спостерігається вельми обмежений вибір машин для механізації основних технологічних операцій (наприклад, подрібнювачів грубих кормів, див. Рис. 1.7). Ця ситуація унеможливує вибір найбільш економічних процесів приготування корму.

В результаті, невеликі господарства часто змушені використовувати існуючі застарілі технічні засоби, іноді незалежно від їхньої економічної вигоди, або ж взагалі роздавати корми вручну без попереднього подрібнення. Це призводить до зниження засвоюваності корму, перевитрат, втрати продуктивності тварин та зростання загальних трудовитрат.

Висновки: Розвиток і впровадження доступних, вискоефективних та економічно обґрунтованих засобів механізації та технологічних рішень для підготовки грубих кормів є критичним завданням для підвищення рентабельності малих та середніх тваринницьких господарств. Особлива увага має бути приділена розробці ефективних і недорогих подрібнювачів та комплексних ліній для обробки пресованих кормів.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОМИСЛОВOSTІ»

<i>Вірченко М. І., магістрант, Жигилій Д. О., к.т.н., доц., СумДУ, м. Суми, Україна</i> РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ БОКОВИХ КУСАЧОК	3
<i>Постолатій В. В., аспірант, Сумський національний аграрний університет</i> ЗАСТОСУВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ТЕХНІЦІ	4
<i>Кальченко В. С., магістрант, Жигилій Д. О., к.т.н., доц., СумДУ, м. Суми, Україна</i> РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ЗВАРНИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ БАЛОНІВ ТИСКУ	6
<i>Басов А. С., студент; Орлов Р. О., аспірант; Кушніров П. В., доцент; СумДУ, Суми</i> ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ «PRIVOD» ПРИ РОЗРАХУНКАХ ЗАКРІПЛЕННЯ ДЕТАЛІ «КІЛЬЦЕ»	7
<i>Дермельов А. М., магістрант, Жигилій Д. О., к.т.н., доц., СумДУ, м. Суми, Україна</i> РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ТРИКОЛІСНОГО ВЕЛОМОБІЛЯ НА ЕЛЕКТРОПРИВОДІ	8
<i>Кушніров П. В., к.т.н., доцент, Фурманов Є. О., студент, СумДУ, Суми, Україна, Динник О. Д., к.т.н., доцент, ВСП «Класичний фаховий коледж СумДУ», Конотоп, Україна</i> ОСНОВНІ НАПРЯМКИ В СТРУКТУРНИХ ТА СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ	9
<i>Клишкін М. Г., Рева В. Б., Рижков М. Г., Руденко В. В., Шевченко В. І., Турчин О. О., Васильченко В. О., Матяш В. Г., магістранти, СНАУ, м. Суми, Україна</i> ОСНОВНІ ВИДИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН. ЧАСТИНА 1. ЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ПРАЦЮЮЧИХ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА	10
<i>Клишкін М. Г., Рева В. Б., Рижков М. Г., Руденко В. В., Токаренко А. В., Радов С. В., Журавель Д. М., Терегеря В. О., магістранти, СНАУ, м. Суми, Україна</i> ОСНОВНІ ВИДИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН. ЧАСТИНА 2. ЗНОС ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ПРАЦЮЮЧИХ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА	18
<i>Супруненко М. К., PhD, асистент, СНАУ, м. Суми, Україна</i> ОГЛЯД ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО АГРАРНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ	23
<i>Журавель Д. М., Терегеря В. О., Шевченко В. І., Турчин О. О., Васильченко В. О., Матяш В. Г., Токаренко А. В., Радов С. В. магістранти, СНАУ, м. Суми, Україна</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	26
<i>Konoplianchenko Ie., PhD, Assoc. Professors, Herasimenko V., PhD, Assoc. Professors, Skrypnyk V., Boyko A., Maksimov P., Master's Students, SNAU, Sumy, Ukraine</i> MODERN ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES FOR STRENGTHENING STEEL COMPONENTS	36
<i>Заміховський А. Ю., магістрант, Позовний О. О., старший викладач, СумДУ, м. Суми, України</i> АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОЦИЛІНДРА НАВАНТАЖУВАЧА	37
<i>Сіднін В. В., магістрант, Позовний О. О., старший викладач, СумДУ, м. Суми, України</i> АНАЛІЗ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРІЇ ВХОДУ ТА ВИХОДУ БЕЗКОНТАКНИХ ШПАРИННИХ УЩІЛЬНЕНЬ	38

<i>Доценко А.О., аспірант, СНАУ, м.Суми, Україна</i> ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ЯКОСТІ ПОВЕРХОНЬДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ.....	39
<i>Konoplianchenko Ie., PhD, Assoc. Professors, Herasimenko V., PhD, Assoc. Professors, Savchenko S., Lyban' D., Master's Students, SNAU, Sumy, Ukraine</i> THE USE OF INDUSTRIAL LASERS FOR STRENGTHENING THE WORKING PARTS OF SOIL-TILLAGE MACHINERY	40
СЕКЦІЯ «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ»	
<i>Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., СНАУ, Суми, Україна</i> ІННОВАЦІЙНІ ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК КАТАЛІЗАТОР СТАЛОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ	43
<i>Ярошенко П.М., к.т.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна</i> ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ВАНТАЖІВ В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	44
<i>Ярошенко П.М., к.т.н., доцент, Остапов Д.А., магістрант, СНАУ Суми, Україна</i> ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ЯКІСТЬ ЗБЕРЕЖЕННЯ М'ЯСА І М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ	46
<i>Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., Черняков М. С., магістр; СНАУ, Суми, Україна</i> РАЦІОНАЛЬНИЙ СПОСІБ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ МАЛОТОННАЖНИМИ АВТОМОБІЛЯМИ.....	47
<i>Корж Д.С., магістрант, Таценко О.В. ст. викладач, СНАУ, Суми, Україна</i> ОСОБЛИВОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ РИБОПРОДУКТІВ ТА ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ.....	48
<i>Головченко Б.М., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна</i> ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ СЕКТОРУ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	50
<i>Яковенко Р.О., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна</i> ЕРГОНОМІКА РОБОЧИХ МІСЦЬ ВОДІЇВ.....	51
<i>Корж Д.С., магістрант, Таценко О.В. ст. викладач, СНАУ, Суми, Україна</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ РИБОПРОДУКТІВ ТА ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ НА ПРИКЛАДІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА	52
<i>Задоя А.В., магістрант, Москаленко Ю.Є, магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ПРОЦЕС ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	53
<i>Москаленко Ю.Є, магістрант, Задоя А.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ.....	55
<i>Семірненко Ю.І., к.т.н., доц., Черняков М. С., магістр; СНАУ, Суми, Україна</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ УМОВ «GLOBAL TRADE S».....	56
<i>Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна</i> ВИЗНАЧЕННЯ ТА АСПЕКТИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДЛЯ ВАНТАЖОВІДПРАВНИКІВ.....	57
<i>Головченко Б.М., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна</i> ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЕЛЕМЕНТИ ГАЛУЗІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	58
<i>Яковенко Р.О., магістрант, Волошко Т.П., старший викладач, СНАУ, м.Суми, Україна</i> ЩОДО ЗНАЧЕННЯ ЕРГОНОМІКИ В ПИТАННЯХ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	59

СЕКЦІЯ «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ»

Маренкова Т.І., ст. викладач, СНАУ

ВИКОРИСТАННЯ ВИСІВОК АМАРАНТУ У ТЕХНОЛОГІЇ СТРАВ ІЗ РИБНОЇ СІЧЕНОЇ МАСИ	61
---	----

Савченко М.Ю., к.т.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ВІД ОБЛАДНАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВOSTІ	62
---	----

Бондаренко С.П., студент, СНАУ, Суми, Україна

РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ М'ЯСА ПТИЦІ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ	63
--	----

Головач А.Л., студентка, СНАУ, Суми, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ РИБНОЇ СИРОВИНИ	64
---	----

Карпенко В.В., студентка, СНАУ, Суми, Україна

ВИРОБНИЦТВО СИРНИКІВ ПІДВИЩЕНОЇ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ	65
---	----

Маренкова Т.І., ст. викладач, СНАУ

ВИКОРИСТАННЯ КРІОПОРОШКУ МОРКВИ У ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ ІЗ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА	66
--	----

Уланський М. О., студент, СНАУ, Суми, Україна

НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КУРЯЧИХ КОВБАС	67
--	----

Муха Р.В., студент, СНАУ, Суми, Україна

АНАЛІЗ РЕЦЕПТУРНОГО СКЛАДУ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА РИБНИХ СТРІПСІВ	68
--	----

Міщенко Д.Ю., студент, СНАУ, Суми, Україна

ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОТЛЕТ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	69
--	----

Жук В. В., студентка, СНАУ, Суми, Україна

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВOSTІ	70
---	----

Харченко А.Р., студентка, Савченко М.Ю. к.т.н., доцент СНАУ, м.Суми, Україна

ПЕРЕТВОРЕННЯ ХІМІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТЕПЛО: ФУНДАМЕНТАЛЬНИЙ ПРИНЦИП	71
---	----

СЕКЦІЯ «ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ»

Кожушко А.П., професор, СНАУ, Суми, Україна

ROBOTIC PLATFORMS AS A DRIVING FORCE OF THE AGRICULTURAL SECTOR	73
---	----

Груць О.Є., магістрант, Сіренко Ю.В. PhD, доцент., Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЇ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ	74
---	----

Жаден М. Ю., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Новіков І. А., Кошевой М. С., СНАУ, м.Суми, Україна

ДОСЛІДНО-АНАЛІТИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ У СИСТЕМІ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В ПІВНІЧНО-СХІДНОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ	76
--	----

Горобець Я.М., магістрант, Саржанов Б.О. PhD, доцент. Харченко Ф.М., к.т.н., доцент, Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ	78
--	----

Даниленко В.Д., Череватенко Р.В., аспіранти, НТУ «ХПІ», Харків, Україна

ГІБРИДИЗАЦІЯ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ЗАСОБІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	79
--	----

Ткаченко А.М., магістрант; Саржанов Б.О. PhD, доцент; Харченко Ф.М., к.т.н., доцент; Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна

ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ ТА ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ	81
---	----

<i>Семітко Р.О., магістрант; Саржанов Б.О. PhD, доцент. Харченко Ф.М., к.т.н., доцент; Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна</i>	
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ.....	83
<i>Шаповал В.О., магістрант; Горовий М.В., Калнагуз О.М., старший викладач; СНАУ, м. Суми, Україна</i>	
АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ.....	85
<i>Нестеренко Д.В., магістрант, Саржанов Б.О. PhD, доцент. Харченко Ф.М., к.т.н., доцент; Калнагуз О.М. ст. викладач, СНАУ, м. Суми, Україна</i>	
ВПЛИВ ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РУХ АГРЕГАТИВ.....	87
<i>Кошевой В. О., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Подлесний А. В., Жаден М. Ю., СНАУ, м.Суми, Україна</i>	
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ РИНКОВОГО НАГЛЯДУ У СФЕРІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ.....	89
<i>Ніколаєнко О. С., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Подлесний А. В., Сергієнко А. В., СНАУ, м.Суми, Україна</i>	
НАУКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ВАЛЬЦІВ КОЧЕННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	90
<i>Сергієнко А. В., Івченко О. В., Жигилій Д. О., Новіков І. А., Ніколаєнко О. С., СНАУ, м.Суми, Україна</i>	
НАУКОВО-АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНИХ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНІКИ.....	91
<i>Ширяєв Д. О., Івченко О. В., Куліков О. А., Андрусак В. О., Ратушний О. В., СНАУ, м.Суми, Україна</i>	
ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ ВИСОКОШВИДКІСНИХ КОНТРРОТОРНИХ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ.....	93
<i>Барабаш Г.І., к.т.н., доцент, СНАУ, м. Суми, Україна</i>	
ПЛАНУВАННЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ В СИСТЕМІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ РОСЛИННИЦТВА.....	95
<i>Баранов С.С., магістрант, Сумський НАУ, м. Суми, Україна</i>	
АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПО ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ СОНЯШНИКА В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	96
<i>Близнюк А.О., магістрант, Мельник О.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ ЗМІННИХ НОРМ	97
<i>Мельник О.О., магістрант, Близнюк А.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i>	
ПЕРЕВАГИ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ЗА ТЕХНОЛОГІЯМИ ЗМІННИХ НОРМ	99
<i>Гапонов О.Г., магістрант, Колісник О.П., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i>	
ОСНОВНІ ЕТАПИ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ	101
<i>Колісник О.П., магістрант, Гапонов О.Г., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i>	
ДИФЕРЕНЦІЙОВАНЕ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ	102
<i>Немченко А.О., магістрант, Гончаров І. М., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИТИСКНИМ ЗУСИЛЛЯМ НА СУЧАСНИХ СІВАЛКАХ.....	104
<i>Гончаров І. М., магістрант, Немченко А.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i>	
ВПЛИВ ҐРУНТОВИХ УМОВ НА РОБОТУ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИТИСКНИМ ЗУСИЛЛЯМ НА СУЧАСНИХ СІВАЛКАХ.....	105
<i>Гузенко В.А., магістрант, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;</i>	
ВПЛИВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ	107

<i>Гузенко В.А., магістрант, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;</i> СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ.....	109
<i>Гуйва В.С., магістрант, Лазько Ю.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ РЕАКЦІЇ КОНТРОЛЕРА НА РІВНОМІРНІСТЬ НОРМИ ВНЕСЕННЯ ОБПРИСКУВАЧЕМ.....	111
<i>Лазько Ю.О., магістрант, Гуйва В.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ ПОВОРОТНИХ РУХІВ НА РІВНОМІРНІСТЬ НОРМИ ВНЕСЕННЯ ОБПРИСКУВАЧЕМ.....	112
<i>Хандога М.С., магістрант, Заєць А.Ю., магістрант, Синяков А.П., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НОРМИ ВИЛИВУ ІЗ АВТОМАТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ СЕКЦІЙ ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ.....	113
<i>Заєць А.Ю., магістрант, Синяков А.П., магістрант, Хандога М.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ НОРМИ ВИЛИВУ ІЗ АВТОМАТИЧНИМ КОНТРОЛЕМ СЕКЦІЙ НА РІВНОМІРНІСТЬ ТА ТОЧНІСТЬ ВНЕСЕННЯ.....	114
<i>Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Канівець В.Р., магістр; СНАУ, Суми, Україна</i> КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЯКІСТЬ ОБРІЗАННЯ БАДИЛЛЯ МОРКВИ ПРИ МЕХАНІЗОВАНОМУ ЗБИРАННІ.....	116
<i>Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Канівець В.Р., магістр; СНАУ, Суми, Україна</i> КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБРІЗНИКІВ ЗАЛИШКІВ ГИЧКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБИРАННЯ.....	117
<i>Касьян Я.С., магістрант, Косенко С.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ ПОВОРОТНИХ РУХІВ НА РІВНОМІРНІСТЬ ВИСІВУ СІВАЛКИ.....	118
<i>Косенко С.С., магістрант, Касьян Я.С., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ НА ЯКІСТЬ ПОСІВУ.....	120
<i>Кладковий Р.Ю., магістрант, Сумський НАУ, м. Суми, Україна</i> АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СІВБИ СОЇ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	121
<i>Кладковий Я.Ю., магістрант, Сумський НАУ, м. Суми, Україна</i> АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБПРИСКУВАННЯ ПОСІВІВ СОЇ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	122
<i>Кожушко А.П., професор, СНАУ, Суми, Україна</i> PREREQUISITES FOR THE IMPLEMENTATION OF HYBRID TRANSMISSIONS IN EARTHMOVING MACHINERY.....	123
<i>Лазоренко О.В., магістрант, Вольвач М.М., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ОБПРИСКУВАННЯ.....	124
<i>Вольвач М.М., магістрант, Лазоренко О.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ НА ОБПРИСКУВАЧАХ.....	125
<i>Левченко Є.О., магістрант, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;</i> ВИКОРИСТАННЯ СТЗ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	127
<i>Левченко Є.О., студент, Саржанов Б.О., доцент, СНАУ, Суми, Україна;</i> ВИКОРИСТАННЯ СТЗ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	129
<i>Мікуліна М.О., доцент кафедри агроінжинірингу, СНАУ, Суми, Україна</i> ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	131

<i>Поліщук В.О., магістрант, Яременко А.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ НА ЯКІСТЬ ПОСІВУ	132
<i>Поліщук В.О., магістрант, Яременко А.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ ПРОСАПНИХ СІВАЛОК НА ЯКІСТЬ ПОСІВУ	133
<i>Поливаний А.Д., викладач СНАУ, Суми, Україна</i> ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ОЦІНКИ ПРОЕКТНИХ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В КОНТЕКСТІ АГРОНОМІЇ.....	134
<i>Пономаренко В.В., магістрант, СНАУ, м. Суми, Україна</i> АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПИТАНЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПО ДОГЛЯДУ ЗА ПОСІВАМИ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	135
<i>Ребрій А.М., старший викладач, СНАУ, Суми, Україна</i> ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПЕРЕДОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АГРОСЕКТОР	136
<i>Поляков А.О., магістрант, Романенко М.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІННИХ НОРМ ПРИ ПОСІВІ КУКУРУДЗИ.....	137
<i>Романенко М.О., магістрант, Поляков А.О., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВИСІВУ ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ПРИ ПОСІВІ.....	138
<i>Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Рудченко А.М., магістр; СНАУ, Суми, Україна</i> АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛЬОВАНИХ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИННИЦТВА	140
<i>Рудченко А.М., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК ТА СУЧАСНИЙ СТАН КОМБІКОРМОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	141
<i>Садовий О.В., магістрант, Пономаренко І.Г., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ ОБПРИСКУВАЧІВ	142
<i>Пономаренко І.Г., магістрант, Садовий О.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ПАРАМЕТРІВ РОЗПИЛУ	144
<i>Семірненко С.Л., к.т.н., доц., СНАУ, Суми, Україна</i> ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА КОНСТРУКЦІЇ В АПК: ВІД ТРАДИЦІЙ ДО СТАЛОГО БУДІВНИЦТВА	145
<i>Бездідько Р.В., магістрант, Харченко С.О. , д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна</i> ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ У ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛАНЦЮГИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР: ШЛЯХ ДО ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	147
<i>Немченко О.П. магістрант, Харченко С.О. , д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна</i> ТЕХНОЛОГІЇ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ: ДИСТАНЦІЙНА ДІАГНОСТИКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАКТОРІВ В УМОВАХ ВІЙНИ В УКРАЇНІ	148
<i>Нефедьєв А.С., магістрант, Харченко С.О. , д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна</i> ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ВПРОВАДЖЕННЯМ ЦИФРОВОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	150
<i>Оксененко О.О., СНАУ, м.Суми, Україна</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ҐРУНТОЗАХИСНОГО ОБРОБІТКУ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ	152
<i>Алещенко Р. О., магістрант, Харченко С.О. , д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОСІВУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ PRECISION PLANTING	153

<i>Олексенко О.О., магістрант, Харченко С.О., д.т.н., доцент СНАУ, м. Суми, Україна</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ҐРУНТОЗАХИСНОГО ОБРОБІТКУ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОГО МОНІТОРИНГУ ЩІЛЬНОСТІ ҐРУНТУ	155
<i>В'юненко О.Б., к.е.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна</i> СИСТЕМНЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ІТ-ІНФРАСТРУКТУРИ АГРОПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРИНЦИПІВ ТРІЗ	156
<i>Семірненко С.Л., к.т.н., доц., Цегельник М.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ОГЛЯД ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ СУМІШЕЙ КОРМІВ У МАЛИХ ТВАРИННИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ	158
<i>Тарасов Я.Д., магістрант, Ткаченко В.І., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна</i> ВИКОРИСТАННЯ НІТРОЦЕМЕНТАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН.....	159
<i>Кравченко О.С., магістрант, Савченко М.М., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна</i> АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	160
<i>Мікуліна М.О., доцент, Вербняк В.М., студент СНАУ, Суми, Україна</i> PRECISION FARMING SYSTEMS AS THE BASIS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF AGRICULTURAL PRODUCTION.....	161
<i>Поливаний А.Д., викладач, Засць М. А., студент СНАУ, Суми, Україна</i> ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.	162
<i>Мікуліна М.О., доцент кафедри агроінжинірингу, СНАУ, Суми, Україна</i> ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ АГРОВИРОБНИЦТВА.....	163
<i>Поливаний А.Д., викладач СНАУ, Суми, Україна</i> ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РОСЛИННИЦТВІ.	164
<i>Ткаченко В.І., магістрант, Тарасов Я.Д., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	165
<i>Савченко М.М., магістрант, Кравченко О.С., магістрант, Думанчук М.Ю., к.т.н., доц., СНАУ, м.Суми, Україна</i> СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО СУПРОВОДУ Й ВІДНОВЛЕННЯ ЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ JOHN DEERE БЕЗПОСЕРЕДНЬО В ПОЛІ.....	166
<i>Цегельник М.В., магістрант, СНАУ, Суми, Україна</i> ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ГРУБИХ КОРМІВ ПЕРЕД ЗГОДОВУВАННЯМ.....	167

Наукове видання

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНДУСТРІЇ 5.0

**Збірник тез за матеріалами
31-ої міжнародної
науково-практичної конференції
(21-23 жовтня 2025 р.)**

Суми, Сумський НАУ, РВВ, вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку 18.10.2025 р. Формат А5.
Гарнітура Times New Roman. Умовних друкованих аркушів __.
Тираж 100 примірників. замовлення №__



ТОВ «ТРІЗ» (Товариство реалізації інженерних завдань) об'єднує кваліфікованих фахівців у галузі відцентрових машин, їх систем та вузлів. Початок виробничої діяльності підприємства – 1990 рік.

Має сертифікат на проведення робіт у хімічній, нафтохімічній та газовій промисловості з проектування, ремонту, модернізації та експлуатації, авторського нагляду за виготовленням, випробуванням, пусконаладженням та вібродіагностичним обстеженням насосного, компресорного, турбінного, турбогенераторного, газового обладнання, їх окремих вузлів та систем управління.

Основний вид діяльності – модернізація компресорного та насосного обладнання за власною технологією. В даний час успішно експлуатуються понад 130 найменувань відцентрового обладнання, що пройшло модернізацію за технологією «ТРІЗ». Результати експлуатації підтверджують високу економічну ефективність та надійність модернізованих агрегатів.

Спільно з великими хімічними та нафтохімічними підприємствами України накопичено величезний практичний досвід з діагностики, підвищення ефективності та надійності відцентрового обладнання, який представлений у низці публікацій, а також у доповідях на галузевих, міжгалузевих та міжнародних семінарах та конференціях. Конструкторські розробки захищені патентами.

«ТРІЗ» є засновником та організатором семінару «Безпека експлуатації компресорного та насосного обладнання», основна мета якого – відновити традицію щорічних зборів головних механіків підприємств хімічної та нафтохімічної промисловості.

Нашими постійними замовниками є:

- Одеський припортовий завод;
- ВАТ «ДніпроАЗОТ» м.Дніпродзержинськ;
- НАК «АЗОТ» м. Новомосковськ; та інші.

У своїй роботі «ТРІЗ» застосовує сучасне діагностичне обладнання, має потужну комп'ютерну мережу і пакети оригінального програмного забезпечення для проведення всіх видів міцнісних, динамічних, теплових, газодинамічних та інших видів розрахунків. Конструкторська документація виконується з сучасних графічних систем.

Підприємство динамічно розвивається, постійно нарощує обсяги виробництва та розширюючи власну виробничу базу.