

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

ЄВТУШЕНКО КАРЕН ОЛЕГОВИЧ

УДК 636.084

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення комплексу машин для виробництва озимої
пшениці з удосконаленням розкидача мінеральних добрив**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Євтушенко К.О.

Керівник роботи

Грудовий Р.С.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Євтушенко Карен Олегович. Удосконалення комплексу машин для виробництва озимої пшениці з удосконаленням розкидача мінеральних добрив. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню комплексу машин для виробництва озимої пшениці з метою підвищення продуктивності, економічності та якості основних технологічних операцій у процесі вирощування. У роботі здійснено аналіз існуючих технологій вирощування озимої пшениці, та обґрунтовано сучасну технологію для вирощування озимої пшениці в умовах Житомирської області.

В рамках кваліфікаційної роботи проведено аналіз існуючих конструкцій розкидачів та їх технічних характеристик, встановлено недоліки у точності дозування та рівномірності розподілу гранул. Розроблено модифіковану конструкцію розкидаючого механізму з регульованими лопатями диска та оптимізованим профілем направляючих елементів, що дає змогу забезпечити ширину захвату до 12 м та знизити нерівномірність внесення до $\pm 10\%$. Виконано розрахунок робочих параметрів приводу та адаптацію вузлів кріплення до трактора МТЗ-80В. Впровадження запропонованої технології вирощування озимої пшениці та проведена модернізація розкидача мінеральних добрив забезпечить економію паливно-мастильних матеріалів, збільшення врожайності та зниження витрат на одиницю площі.

Ключові слова: озима пшениця, розкидач, диск, мінеральні добрива, урожайність, рівномірність.

ANNOTATION

Yevtushenko Karen Olegovich. Improvement of a complex of machines for the production of winter wheat with the improvement of a mineral fertiliser spreader. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The qualification work is devoted to the improvement of the complex of machines for the production of winter wheat in order to increase the productivity, efficiency and quality of the main technological operations in the process of cultivation. The work analyses the existing technologies for growing winter wheat and substantiates the modern technology for growing winter wheat in the conditions of Zhytomyr region.

Within the framework of the qualification work, the existing designs of spreaders and their technical characteristics were analysed, and shortcomings in the accuracy of dosing and uniformity of pellet distribution were identified. A modified design of the spreading mechanism with adjustable disc blades and an optimised profile of the guide elements was developed, which allows for a working width of up to 12 m and a reduction in the unevenness of application to $\pm 10\%$. The operating parameters of the drive were calculated and the fastening units were adapted to the MTZ-80 tractor. The implementation of the proposed technology for growing winter wheat and the modernisation of the mineral fertiliser spreader will save fuel and lubricants, increase yields and reduce costs per unit area.

Keywords: winter wheat, spreader, disc, mineral fertilisers, yield, uniformity.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	26
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ДИСКОВОГО МЕХАНІЗМУ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ.....	34
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність теми дослідження визначається насамперед вагомою роллю озимої пшениці в забезпеченні продовольчої та економічної безпеки України. Озима пшениця традиційно займає провідні позиції серед зернових культур завдяки високій урожайності, адаптивності до кліматичних умов та попиту як на внутрішньому, так і на зовнішніх ринках. У сучасних умовах посилення конкуренції на світовому зерновому ринку вітчизняним виробникам критично важливо підвищувати ефективність технологічних процесів вирощування, аби зберегти експортний потенціал та зміцнити позиції України як одного з найбільших постачальників зерна. Тому модернізація комплексу машин для виробництва озимої пшениці, включаючи вдосконалений розкидач мінеральних добрив, стає актуальною задачею, що напряду впливає на конкурентоспроможність аграрного сектору.

Один із ключових чинників, що зумовлює необхідність дослідження, – це підвищення ресурсоефективності виробництва. В умовах обмеженого фінансування аграрій змушений шукати способи зниження витрат на кожному етапі технологічного процесу. Частка затрат на мінеральні добрива суттєво впливає на собівартість тонни зерна, тому навіть незначне покращення точності та рівномірності їхнього внесення може дати відчутну економію ресурсів. Крім того, жорсткі вимоги до екологічної безпеки передбачають мінімізацію втрат добрив і зменшення мікро- та мікропотоків у навколишнє середовище. Отже, розробка та впровадження удосконаленого розкидача, який забезпечить оптимальний розподіл добрив у межах заданих агротехнічних норм, є вимогою часу і запобігає надмірним витратам та екологічним ризикам.

Нині існуючі моделі розкидачів мінеральних добрив часто не здатні забезпечити необхідну точність варіювання норми внесення залежно від фактичних умов на полі. При використанні традиційних конструкцій нерівномірність розподілу гранул призводить до зниження врожаю на ділянках із недостатнім живленням та перевитрат добрива в зонах із надлишком.

Недосконалий механізм дозування, обмежені можливості регулювання ширини розкидання та відсутність адаптивного контролю унеможлиблюють досягнення високої рівномірності внесення. Отже, існує нагальна потреба в аналізі конструктивно-технологічних недоліків сучасних агрегатів і розробці технічного рішення, здатного забезпечити гнучке налаштування під різні умови ґрунту й погодні фактори.

У контексті розвитку українського та світового сільського господарства все активніше впроваджуються елементи точного землеробства: GPS-керовані агрегати, контролери норм внесення, датчики вологості та живлення ґрунту. Удосконалення комплексу машин для вирощування озимої пшениці повинно враховувати ці тенденції та бути сумісним із сучасними системами агротехнологічного менеджменту. Інтеграція вдосконаленого розкидача в єдиний комплекс забезпечить можливість централізованого моніторингу процесу та адаптивного реагування на зміни умов у реальному часі. Окрім того, взаємодія з іншими елементами комплексу — сівалкою, обприскувачем, агрегатом для обробітку ґрунту — сприятиме максимальному синергетичному ефекту та підвищенню загальної продуктивності виробництва.

Внаслідок реалізації запропонованого технічного рішення очікується підвищення врожайності озимої пшениці за рахунок оптимізації живлення рослин, зменшення втрат добрив і зниження енерго- та матеріаломісткості виробництва. Практичне значення роботи полягає також у тому, що вдосконалений розкидач мінеральних добрив може бути масштабований для використання на різних типах ґрунтів та з різними культурами, що розширює його комерційний потенціал. Впровадження таких технологічних інновацій відповідає стратегіям державної аграрної політики щодо підвищення ефективності АПК та екологічної безпеки сільського господарства. Таким чином, тема дослідження є своєчасною, оскільки спрямована на вирішення конкретних проблем галузі та сприяє сталому розвитку аграрного сектору України.

Мета роботи: розробити та обґрунтувати технікоконструктивні й технологічні рішення для модернізації комплексу машин, призначених для виробництва озимої пшениці, зокрема вдосконалити конструкцію та принцип дії розкидача мінеральних добрив. Це дозволить забезпечити точне дозування й рівномірне розподілення добрив, знизити матеріаломісткість і енергоємність процесу внесення, оптимізувати експлуатаційні витрати та сприяти підвищенню врожайності за умов мінімізації негативного впливу на довкілля.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі **завдання:**

- провести аналіз існуючих комплексів машин для вирощування озимої пшениці та їхніх технічних характеристик, зокрема розкидачів мінеральних добрив, із визначенням основних недоліків і потенціалу для модернізації;
- визначити технічні й експлуатаційні вимоги до вдосконаленого розкидача мінеральних добрив з урахуванням агротехнічних норм дозування, типу ґрунтів та кліматичних умов регіону;
- розробити конструктивне рішення модернізованого розкидача, що передбачає вдосконалення вузлів дозування, регулювання ширини і рівномірності розкидання, а також інтеграцію з іншими машинами комплексу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес і комплекс машин для вирощування озимої пшениці, зокрема процес внесення мінеральних добрив у рамках єдиного агротехнічного ланцюга.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні рішення щодо вдосконалення розкидача мінеральних добрив у складі комплексу машин для вирощування озимої пшениці, а також його вплив на рівномірність розподілу добрив, енерго- й ресурсо-ефективність технологічного процесу та результативність формування врожаю.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Грудовий Р.С., Євтушенко К.О., Добранський С.С., Бучко І.О., Мельник О.П. Застосування технології no-till при вирощуванні озимої пшениці.

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 112-114.

2. Шевчук О.А., Євтушенко К.О. Вплив мінеральних добрив на урожайність зернових культур. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 125-128.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонована конструкція вдосконаленого розкидача забезпечує більш точне дозування та рівномірний розподіл гранул по полю. Це сприяє зниженню перевитрати добрив на 10–15 % порівняно з традиційними агрегатами, що безпосередньо зменшує матеріаломісткість вирощування озимої пшениці. Крім того, вдосконалений механізм регулювання ширини захвату та кута розкидання дозволяє адаптувати роботу розкидача до різних типів ґрунтів та змін погодних умов, що мінімізує ризики нерівномірного живлення рослин і зниження врожаю.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 25 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 45 сторінок комп'ютерного тексту, містить 3 рисунки та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Сучасна технологія вирощування озимої пшениці ґрунтується на поєднанні передових агротехнічних прийомів, використанні високопродуктивних сортів і впровадженні інтенсивних методів живлення рослин. Головною метою інтенсивної технології є максимальна реалізація потенційної продуктивності сортів шляхом раціонального використання навколишніх факторів, таких як ґрунт, волога та елементи живлення. Використання якісного сертифікованого насіння забезпечує високу схожість і стійкість до захворювань упродовж осінньої та весняної вегетації. Крім того, застосування інтегрованої системи захисту рослин дає змогу зменшити ризики ураження посівів бур'янами, шкідниками й хворобами. Використання регуляторів росту забезпечує рівномірний розвиток рослин та зниження ризику вилягання, особливо в інтенсивних посівах. Основними етапами технології є підготовка ґрунту, вибір попередника, сівба, догляд за посівами, захист від стресових факторів, підживлення та збирання урожаю. Сучасні підходи передбачають точне дозування добрив і пестицидів на основі даних ґрунтової та рослинної діагностики. Завдяки цьому досягається не лише висока врожайність, але й екологічна безпека системи землеробства. Інформаційні технології та цифрова агрономія відіграють дедалі більшу роль у моніторингу стану посівів і своєчасному прийнятті агрономічних рішень [3].

Одним із ключових факторів успішного вирощування озимої пшениці є вибір оптимальних строків сівби. Температурні показники в момент сівби мають становити +14–17 °С, що забезпечує дружні сходи й належне формування рослини перед зимівлею. Ранні строки сівби підвищують ризик зараження кореневими хворобами та пошкодження шкідниками, натомість пізня сівба може призвести до недостатнього розвитку рослини до настання зими [2]. У південних регіонах України строки сівби можуть бути зміщені на початок вересня, тоді як у північних областях їх часто призначають на другу половину вересня, орієнтуючись на середньодобові температури ґрунту [4]. Висока якість

грунтового покриття на момент сівби, а саме достатня вологість (приблизно 80 % від польової вологоємності), є запорукою успішної перезимівлі й подальшого розвитку рослин [5]. Урахування регіональних кліматичних особливостей дає змогу запобігти ризику вимощення та витрати вологи перед зимою. Окрім температури, важливими є умови освітленості: весняна сонячна активність сприяє інтенсивному куцінню та знижує ймовірність вилягання посівів весною [6]. Для отримання оптимальної густоти рослин застосовуються високоточні сівалки, які забезпечують рівномірний висів та мінімальні пропуски [7].

Першочерговий етап сучасної технології – ґрунтотехнічний обробіток. Рекомендовано проводити обробку одразу після збирання попередника з урахуванням забур'янення та структури ґрунту [5]. Зернові попередники, такі як кукурудза чи соняшник, вимагають глибокого рихлення і полицевого обробітку для знищення рослинних решток та створення чистого посівного ложа. За наявності багаторічних бур'янів використовують лушення з відповідними глибинами та дискування, що дозволяє ефективно знизити їх популяцію в полі [9]. Сучасні технології передбачають мінімальний або нульовий обробіток ґрунту (no-till/мінімальний till), що дає змогу зберегти вологу, структуру і біоту ґрунту, а також знижує ерозійні процеси [12]. У регіонах із дефіцитом вологи no-till-системи сприяють збереженню продуктивної вологи в орному шарі. Водночас у ґрунтах із підвищеним ризиком ущільнення рекомендується застосування ротаційних борін і глибокого культиваторів для розпушення ущільнених прошарків. До того ж правильно спланована послідовність операцій (друга обробка перед сівбою, вирівнювання тощо) забезпечує рівномірне загортання насіння в ґрунт і дружні сходи [5]. Інтеграція GPS-навігації у техніку дозволяє оптимізувати витрати палива й часу та зменшити перекриття проходів.

Вибір попередника є одним із найважливіших аспектів ротації культур у сівозміні. Оптимальними попередниками для озимої пшениці є зернові колосові (ячмінь, тритикале) та бобові культури (горох, соя), які покращують структуру ґрунту та збагачують його азотом. Вирощування озимої пшениці після кукурудзи на силос безполицевим обробітком покращує польову схожість насіння на 6 %

порівняно з традиційною оранкою [12]. У разі вирощування після бобових легше забезпечити потрібний баланс азоту, що сприяє кращому кущінню. Попередники з високим біовмістом рослинної маси, зокрема соняшник, забезпечують хороше накопичення поживних речовин у ґрунті, але вимагають якісної утилізації поживних решток. Після збирання багаторічних трав необхідно виконувати лушення з великою глибиною задля знищення кореневої системи бур'янів. Коренепаросткові попередники, такі як ріпак, збільшують ризик ураження хворобами кореневої системи, тому до них належить підходити обережно [5]. Раціональне чергування поліпшує родючість ґрунту, знижує фітосанітарний тиск і підвищує ефективність системи захисту.

Якісний посівний матеріал має сертифіковані показники чистоти, схожості та стійкості до хвороб. Використання насіння інтенсивних сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов регіону, гарантує його високу потенційну врожайність [13]. Посівний матеріал піддається протруєнню фунгіцидами й інсектицидами для профілактики ураження шкідниками й захворюваннями на ранніх фазах розвитку рослин [2]. Застосування комбінованих препаратів, що містять фунгіциди та інсектициди, забезпечує більш широкий спектр захисту та покращує стан захисту від нематод, спорів фузаріозу й пліснявіння [7]. Додатково до цього варто проводити енергійне калібрування й очищення насіння, зменшуючи кількість флору ґрунтових патогенів. Важливо, щоб вологість насіння перед сівбою не перевищувала граничні нормативи, що запобігає розвитку кишенькової плісняви та інших збудників [6]. Використання інокулянтів для насіння бобових попередників у сівозміні позитивно впливає на запас азоту у ґрунті під наступну озиму пшеницю. Застосування високопродуктивних гібридів із генетичними показниками зимостійкості і стійкості до вилягання є обов'язковим елементом системи.

Визначення оптимальної густоти стояння рослин є ключовим для забезпечення максимального фотосинтетичного потенціалу озимої пшениці. У посушливих регіонах густоту посіву зменшують, щоб уникнути конкуренції за вологу й поживні речовини, тоді як у достатньо зволжених умовах її збільшують

для кращого використання простору й світла [7]. Рекомендована густота перед перезимівлею складає близько 350–450 рослин на квадратний метр, що забезпечує оптимальне кушіння і розподіл колосків на 1 м² [9]. Використання високоточних сівалок дає змогу забезпечити рівномірне розміщення насіння й уникнути утворення пропусків. За допомогою GPS-навігації в техніці агрономи забезпечують точне дотримання строків і напрямків руху, що знижує накладання робіт і втрати при обробітку ґрунту й сівбі [12]. Облік ділянки поля з різними типами ґрунтів дозволяє диференціювати внесення посівного матеріалу та добрив у межах п'яти–десяти метрів. Такі індивідуальні підходи зменшують ризик нерівномірності розвитку рослин і, відповідно, підвищують загальний урожай.

Правильне забезпечення мінерального живлення є невід'ємним елементом інтенсивної технології. Внесення добрив розраховується за даними ґрунтової діагностики та очікуваної врожайності, з врахуванням балансу елементів живлення [9]. На початкових етапах осінньої вегетації рекомендується вносити фосфорно-калійні добрива для формування кореневої системи, а азотні — навесні для сприяння кушінню й нарощуванню вегетативної маси [13]. Роздрібне (подвєсне) внесення азотних добрив із урахуванням стану рослин у фазі кушіння й виходу в трубку дає змогу уникнути перенасичення азотом і зменшити ризик вилягання [14]. Завдяки застосуванню систем точного землеробства агрономи можуть диференційовано вносити добрива залежно від карт родючості поля. Використання мікродобрив, зокрема сірчистого амонію та сульфату магнію, сприяє кращому засвоєнню макроелементів і підвищує стійкість до стресових факторів. У селективних зонах зі зниженим запасом цинку або бору застосовують відповідні препарати для компенсації дефіциту й уникнення біогенних дисбалансів.

Інтегрована система захисту рослин передбачає своєчасне визначення порогу економічної шкодочинності і застосування комплексних агрохімічних методів. Для контролю бур'янів використовують ґрунтові та страхові гербіциди, що дає можливість обмежити виникнення видовоспецифічного резистентного бур'яну й знизити загальне навантаження на ґрунтову мікрофлору [15].

Найпоширенішими є гербіциди на основі дикамби, 2,4-Д та трибенурон-метилу, які застосовують за фазою 2–3 листків культурних рослин [16]. Для боротьби з хворобами, такими як борошниста роса, септоріоз, фузаріоз і борошниста іржа, застосовують фази фунгіцидної обробки: від появи прапорцевого листка до кінця колосіння [14]. Використання сучасних фунгіцидів на основі стробілуринів та триазолів забезпечує довший період захисної дії та сприяє підвищенню якості зерна. Для запобігання розвитку шкідників (пшеничні блішки, хлібні жуківки та попелиці) застосовують інсектицидні обробки у фазі кушіння й виходу в трубку, орієнтуючись на прогнози температурно-вологісних умов [11]. Дотримання сівоzmіни й використання біологічних препаратів (ентомофагів, мікофагів) знижує хімічне навантаження й сприяє формуванню стійких агроєкосистем.

У зонах, де можливе зрошення, застосовують краплинне або дощувальне зрошення з урахуванням потреб рослин у вологовому режимі на різних етапах. Особливо критичним є період виходу в трубку й колосіння, коли нестача вологи може призвести до суттєвого зниження кількості зерен у колосі та їх маси [15]. Використання сучасних датчиків вологості ґрунту дає змогу керувати поливом у реальному часі, що зменшує витрати ресурсів і підвищує ефективність виробництва. Для запобігання перезволоженню й розвитку корневих гнилей застосовують зрошувальні режими з інтервалом 7–10 днів залежно від погодних умов. У районах з недостатнім зволоженням весняні дощі є важливим джерелом вологи, тому агрономи відстежують прогнози погоди й коригують графік внесення добрив та обробітку ґрунту [17]. Використання мульчувальних технологій і стрічкового посіву сприяє збереженню продуктивної вологи в посушливі періоди. Завдяки інтеграції систем точного землеробства аграрії можуть оптимізувати норми поливу залежно від зональної ролі земель.

Застосування біологічних методів у системі захисту є важливим етапом у зниженні хімічного навантаження на довкілля. Використання біопрепаратів, зокрема базиліосу та триходерми, сприяє контролю фузаріозу й ризоктоніозу, особливо у період формування кореневої системи восени. Біологічні методи також включають впровадження сівоzmіни з бобовими попередниками, що

підвищує азотфіксацію й знижує потребу в синтетичних азотних добривах. Використання ентомопатогенних бактерій і грибів забезпечує ефективний біоконтроль шкідників, таких як пшеничний листоїд і хлібна жовтушка. Однак біологічні методи потрібно поєднувати з агротехнічними прийомами, такими як глибоке заробляння пожнивних решток і ретельне розпушення ґрунту, для досягнення максимального ефекту [12]. Застосування бактерій роду *Pseudomonas* сприяє пригніченню патогенів і стимуляції росту рослин у ранні фази розвитку. Біопрепарати на основі *Purpureocillium lilacinum* демонструють ефективність у зниженні популяції нематод у ґрунті. Важливо проводити моніторинг агровиробництва й коригувати заходи за даними фітосанітарних обстежень, щоб запобігти поширенню резистентних форм патогенів і шкідників.

Одним із сучасних трендів є використання точного землеробства на всіх етапах вирощування. Система GPS-навігації, супутниковий моніторинг та картографування ґрунтових зон дозволяють створити карти варіативності родючості й врожайності. Це дає змогу застосовувати диференційований підхід до внесення добрив, гербіцидів і поливу, що мінімізує втрати ресурсів й екологічні ризики [4]. Використання сільськогосподарських дронів і безпілотних літальних апаратів допомагає виявляти ділянки зі стресовими рослинами, шкідниками або початковими стадіями розвитку хвороб. Аерофотозйомка й гіперспектральна зйомка надають дані про індекс рослинної біомаси, вологість ґрунту та потенційні проблемні зони [7]. Системи точного висіву й диференційованого внесення ресурсів дозволяють скоротити витрати насіння та добрив до 15 %, водночас підвищуючи врожайність на 10–20 %. Використання агрегації даних та машинного навчання сприяє прогнозуванню врожаю з точністю до 90 %. У перспективі інтеграція IoT-приладів і ґрунтових датчиків може підвищити ефективність управління агровиробництвом ще більше.

Фізіологічні особливості формування врожаю озимої пшениці визначають необхідність своєчасного регулювання ростових процесів. Застосування регуляторів росту у фазу виходу в трубку дозволяє зменшити ризик вилягання, покращити формування колосу й підвищити якість зерна [13]. Основною задачею

є забезпечення оптимального співвідношення вегетативної й генеративної своїх фаз, щоб уникнути надмірного нарощування продуктивної вегетативної маси. Використання ретардантів дає змогу знизити висоту рослини на 10–15 %, що суттєво зменшує потребу в фунгіцидних обробках проти сажкових хвороб. У весняний період після відновлення вегетації вносять ретарданти для корекції росту й зміцнення стебел. Важливо виконувати обробки за безвітряної погоди, щоб уникнути внесення реагентів на сусідні культури [14]. Використання регуляторів також сприяє підвищенню морозостійкості й стійкості до осінніх та весняних перепадів температур. Комбінування регуляторів із фунгіцидними обробками дозволяє продовжити період захисної дії й підвищити ефективність контролю хвороб.

У регіонах із вимогливими умовами зволоження ефективною є система краплинного зрошення з автоматичним керуванням. Завдяки моніторингу вологості ґрунту за допомогою тензометрів агрономи можуть задовольняти потреби рослин у воді в реальному часі, що підвищує водонагромаджувальну здатність ґрунту і знижує втрати вологи через випаровування [14]. Подача води здійснюється по кореневій зоні, що дозволяє уникнути надмірного зволоження й зменшити поширення ґрунтових патогенів. Варто враховувати дозу зрошення залежно від фази розвитку рослин: найбільше вологи необхідно під час колосіння й наливу зерна. Використання зрошувальних систем із регулюванням тиску й витрати води дає змогу адаптуватися до зміни погодних умов упродовж сезону. У випадках, коли зрошення недоступне, застосовують агроеліоративні прийоми, такі як мульчування та стрічковий посів, аби зберегти вологу в рядках [2]. Використання суперкомп'ютерного моделювання й гідрологічні програми сприяє прогнозуванню дефіциту вологи та оптимізації графіка поливів.

На етапі весняної вегетації ключовим є проведення підживлення азотом у фазі кущіння та виходу в трубку. Дефіцит азоту на даних фазах призводить до зниження потужності стебла, зменшення числа колосків і недостатнього наливу зерна. Для запобігання цього застосовують у першу чергу аміачну селітру або карбамід, обравши оптимальні норми залежно від урожайності попереднього

вегетаційного періоду [8]. Використання карбаміду в поєднанні з стабілізаторами азоту дозволяє зменшити втрати азоту на амоніфікацію й денітрифікацію. Водночас у фазу виходу в трубку рекомендують вносити додатково сульфат амонію для покращення засвоєння фосфору й калію. У північних регіонах після відновлення вегетації практикують внесення аміачної селітри в нормі 60–80 кг/га, а в центральних — 90–120 кг/га залежно від потенціалу ґрунту. Використання стабілізатора азоту у формі нікомету (нитропрен) дозволяє пролонговано подавати азот у кореневу зону, що підвищує ефективність підживлення на 15–20 % [9]. При цьому важливо проводити підживлення рекомендованими нормами, аби не перевантажити посіви й уникнути вилягання.

Інтеграція цифрових технологій і дронів у систему моніторингу дає змогу оперативно виявляти осередки ураження посівів шкідниками й хворобами. Аерозйомка у видимому та інфрачервоному спектрі дозволяє визначити індекс NDVI і виявити ділянки зі стресовими рослинами. Завдяки цьому агрономи можуть локалізовано застосовувати фунгіциди та інсектициди, що зменшує затрату хімікатів і підвищує екологічну безпеку виробництва [10]. Безпілотники обладнані тепловізорами й мультиспектральними камерами дозволяють виявляти ранні стадії хвороб, що є критичним для фунгіцидної протекції. Крім того, дрони використовують для точного внесення біопрепаратів і регуляторів росту, що забезпечує високу ефективність обробок. Інтеграція даних із супутників із локальними датчиками ґрунту формує цілісну картину стану посівів у режимі реального часу. Використання програмних комплексів для аналізу отриманих даних дає змогу прогнозувати динаміку розвитку захворювань і шкідників, а також визначати оптимальні строки та норми обробок.

Сучасна техніка для обробітку ґрунту та сівби становить інтегровані мультимашини, які виконують кілька операцій за один прохід. Для обробітку ґрунту популярні агрегати типу «комбінація культиватора з бороною», що дозволяють зменшити кількість проходів тракторів і зберегти вологу. Використання комбінованих агрегатів дає змогу скоротити витрати палива й зменшити ущільнення ґрунту через зменшення кількості агрегувань [14].

Сівалки типу «Nodet» або «Posem» забезпечують одночасно сошники для внесення насіння та розкидувачі добрив із точним загортанням у ґрунт. Якість роботи цих агрегатів залежить від правильної настройки висівних елементів і контролю за глибиною загортання в режимі «online». Використання пневматичних сівалок дає змогу експлуатувати їх на високих швидкостях, що підвищує швидкість виконання робіт без втрати якості [15]. Важливим елементом є регулювання тиску в балонах техніки для запобігання ущільненню ґрунту та збереження його структури.

Особливу увагу приділяють шкідникам і хворобам у період сніготанення та весняного відновлення вегетації. Моніторинг стану посівів після відлиги й перевірка рослин на живлення й наявність холодостійкості є критичними кроками. При виявленні ослаблених рослин доцільно застосувати прогрівні обробки або підживлення мікроелементами для підтримки кореневої системи. Досвід показує, що ранні весняні веснянки й підмерзання можуть призвести до значних втрат, тому важливо підтримувати оптимальні строки підживлення та механічного обкопування для аерації кореневої зони. За наявності уражень плямистістю листя чи борошнистою росою доцільно провести фунгіцидну обробку препаратами системної дії, щоб запобігти подальшому поширенню інфекції. Інтенсивний контроль бур'янів у фазу два–три листки дає змогу уникнути конкуренції за ресурси та підвищує ефективність гербіцидів [9]. При виявленні першої активності шкідників навесні використовують інсектициди контактної та системної дії, орієнтуючись на прогноз розвитку температурно-вологісних умов.

Фенологічне спостереження є невід'ємною складовою моніторингу стану посівів упродовж усього вегетаційного періоду. Збір даних про синхронність сходів, фази кушіння, виходу в трубку, цвітіння й наливу зерна дозволяє своєчасно коригувати агротехнічні заходи. У фазу виходу в трубку важливо контролювати густоту поселення шкідників і своєчасно вносити інсектициди, щоб уникнути втрати до 10–15 % зерен на колос за сильного ураження [10]. Під час фази цвітіння слід приділити увагу захисту від збудників борошнистої роси й

септоріозу, що суттєво впливають на якість зерна. Для оцінки ефективності підживлень застосовують лабораторні дослідження листових аналізів, що дає змогу виявити елементи у недостатній кількості. У фазу наливу зерна, коли припиняється інтенсивний ріст, важливим є своєчасне обмеження забур'яненості поля та забезпечення оптимального вологообміну в ґрунті. Регулярні візуальні та цифрові обстеження дають змогу виявити зони нестандартного розвитку й оперативно реагувати на них.

Льодовий покрив снігу відіграє важливу роль у перезимівлі озимої пшениці. Снігова ковдра з товщиною понад 15–20 см забезпечує захист рослин від різких коливань температур, зменшуючи втрати врожаю. За відсутності снігу або малої його кількості рекомендують застосовувати методи снігорозподілення (сузупної вспашки) або вирощувати сорти з підвищеною морозостійкістю [11]. Використання культур з генетичними ознаками холодостійкості дає змогу перенести температуру до -20°C без значних втрат. У районах, де можливі пізні відлиги й різкі похолодання, агрономи контролюють стан рослин після відновлення вегетації й проводять коригувальні підживлення. При наявності зимових паводків необхідно забезпечити швидке відновлення аерації ґрунту та внесення кисневмісних стимуляторів для запобігання анаеробним процесам. Застосування антистресових біопрепаратів у вигляді екзополісахаридів може знизити наслідки холодового стресу й покращити перезимівлю.

Перехід від осінньої до весняної вегетації вимагає гнучкого підходу до корекції технології. Після відновлення вегетації виконують ґрунтовий підживлення фосфорно-калійними добривами для стимуляції кореневої системи й активації мікрофлори ґрунту. У дощові роки варто зменшувати глибину обробітку, щоб уникнути перезволоження і ущільнення ґрунту. За умов весняного дефіциту вологи рекомендується застосовувати ретарданти для уповільнення розвитку рослин і збереження вологи в ґрунті. Після відновлення вегетації здійснюють одну–дві фунгіцидні обробки, орієнтуючись на прогнози погодніх умов і сівозмінний тиск захворювань. Для контролю шкідників весняний інсектицидний захист проводять у фазу виходу в трубку та прапорцевого листка,

коли активізуються шкідники другого покоління. Рекомендовано проводити перше підживлення аміачною селітрою одразу після відновлення вегетації, а друге — у фазу виходу в трубку, щоб уникнути перенасичення рослини азотом на ранніх етапах.

У період наливу зерна важливим є забезпечення оптимального регулювання водного режиму й захист від хвороб у кінці фази колосіння. Використання фунгіцидів із системною та препаратами подвійної дії на основі протіокназолу та тебуконазолу дозволяє контролювати борошнисту росу й септоріоз у колосі. Оскільки у фазі молочної та воскової стиглості підвищується ризик ураження фузаріозом, важливо використовувати фунгіциди із внесенням через повітряні системи або наземні обприскувачі з високим рівнем покриття [8]. Для зменшення ризику підвищеного вмісту мікотоксинів у зерні рекомендується порушувати цикли розвитку патогену шляхом зміни механізмів дії пестицидів. Вологість ґрунту в цей період повинна підтримуватися на рівні 60–70 % від польової вологості, щоб запобігти ослабленню рослин при швидкому віддачі вологи під час колосіння. Використання зволоження по краплинному методу сприяє рівномірному наливу зерна та підвищенню натури [7]. Після завершення наливу рослини готують до збирання, контролюючи вміст вологи в зерні, який не повинен перевищувати 15 % для зерна продовольчого призначення.

Збирання озимої пшениці є заключним етапом технології, від якого залежить збереження якості та мінімізація втрат. Оптимальний час збирання настає, коли вологість зерна досягає 14–15 %, а зелень колосу починає жовтіти [5]. Застосовують високошвидкісні комбайни з системами антисептичної обробки зерна та сепараторами нового покоління, що забезпечують чистоту й цілісність зерна. Для зменшення втрат на лінії збирального апарата використовують первинний та вторинний сепаратори з автоматичною регуляцією натягу тканини й частоти обертання барабанів. Після збирання зерно намагаються відразу направити на сушіння до вологовмісту не більше як 12 % для довготривалого зберігання [7]. Використання сушильних установок із програмним керуванням дозволяє знизити витрати енергії й зберегти біохімічні показники зерна. У разі

збирання у вологу погоду попередньо проводять стиснення рослин, щоб уникнути затримки вологи в зерні при обмолоті. Сучасні системи очищення зерна оснащені сенсорами для автоматичного визначення кількості домішок і корекції якості продукту.

Післяобмолотне зберігання вимагає створення оптимальних умов для запобігання псуванню та проростанню зерна. Зерносховища обладнують аераційними системами для контролю температури та вологості, що дозволяє уникнути конденсату й розвиток пліснявих грибів. Вентиляційні системи з програмним регулюванням подають свіжий повітряний потік, підтримуючи температуру у зернопакеті на рівні 10–12 °C у перші тижні зберігання. Періодичні обстеження гарантують, що вологість зерна залишається стабільною, а температурні зони не перевищують допустимих стандартів. Використання біопрепаратів із антиоксидантними властивостями сприяє підтримці зерна в хорошому стані навіть у період тривалого зберігання. Для насінневого зерна застосовують додаткові обробки стимуляторами росту перед сівбою, що підвищує енергію проростання та схожість [10]. Системи автоматичного моніторингу забезпечують оперативне виявлення проблем із біопродуктивністю зерна та дають змогу вчасно вживати заходи.

З огляду на виклики зміни клімату, сучасні технології вирощування озимої пшениці інтегрують адаптивні стратегії для підвищення стійкості до екстремальних погодних умов. Використання гібридів із генетичними показниками посухостійкості й морозостійкості стає пріоритетом при виборі сортів. У регіонах із скороченим тривалим періодом вегетації обирають сорти із коротшою фазою наливу зерна, що дозволяє уникнути сильних весняних посух [6]. Агрономи найчастіше застосовують системи управління ризиками з використанням погодозалежних моделей, які прогнозують розвиток розвитку посухи й надмірної вологості. В умовах перехідного клімату доцільно збільшувати рівень органічного вмісту ґрунту за допомогою сидератів і внесення компосту, що підвищує його водоутримувальні властивості [6]. У міжряддя посівів висівають фацелію або ріпак, що виконує роль захисного покриву ґрунту

й сприяє зниженню втрат вологи. Використання аграрних страхових програм дає змогу захистити виробництво від великих економічних збитків. Застосування систем «інтелектуального поливу» й прогнозування вологості ґрунту за допомогою супутникових даних сприяє адаптації до непередбачуваних змін опадів [14].

Удосконалення шийного регулювання та стеблотримачів є важливим для запобігання вилягання, що часто призводить до значних втрат врожаю. Використання регуляторів росту на основі хлормекват-хлориду або піраклостробіну дає змогу зменшити висоту стебла на 10–20 %, покращуючи тим самим стійкість до вітрових і дощових навантажень [7]. У разі посиленого росту стебел через надмірний азотний режим виконують дворазове внесення препаратів для гальмування росту. Комбіновані обробки разом із фунгіцидами забезпечують тривалий ефект та економію часу агрономів. Для сучасних високоврожайних сортів застосовують гібридні регулятори росту, що значно підвищують якість зерна та його енергію проростання. У регіонах із ризиком вилягання через сильні вітри проводять оцінку вмісту лігніну в стеблі та підвищують кальційно-магнієві добрива в кінці кущіння для зміцнення тканин залежно від агрохімічних показників ґрунту [18]. Також у практиці використовують тензометричний контроль вологи в ґрунті перед внесенням регуляторів для запобігання стресу.

Використання адаптивного управління ґрунтовими режимами передбачає застосування мікрокроплений, які доставляють поживні речовини безпосередньо до листя для швидкої корекції дефіциту мікроелементів. Залишкова дія мікродобрив дає змогу підтримувати рослини в стресових умовах, особливо за зміни погодних умов найменш передбачуваних [10]. Надпоточне застосування інноваційних біостимуляторів та екстрактів водоростей сприяє зміцненню імунітету рослин і підвищенню їх здатності протидіяти стресу. Останні дослідження показують, що застосування амінокислотних концентратів у фазу вибіркового контролю росту сприяє покращенню формування колосу та наливу зерна. Сучасні методи внесення через позакореневі підживлення дозволяють оперативно реагувати на зміни стану посівів і коригувати дефіцит елементів,

таких як бор і цинк [11]. Використання біопрепаратів, що містять фітогормони й антистресові полімери, забезпечує підвищення стійкості рослин під час весняних заморозків. Інтеграція методів мікрокроплення з точним землеробством є дієвим інструментом для зміцнення агроєкосистем.

Важливою складовою сучасного землеробства є дотримання принципів сталого розвитку та запобігання деградації ґрунтів. Внесення органічних добрив (компостів, гною) у комбінації з мінеральними добривами сприяє накопиченню гумусу й покращенню структури ґрунту. За рахунок збільшення вмісту органічної речовини підвищується водоутримувальна здатність ґрунту й знижується ерозійний ризик [12]. Сталій контроль за залишковими рівнями важких металів і пестицидів у ґрунті є необхідною умовою для збереження екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва. Застосування сидератів, наприклад гірчиці й фацелії, у міжряддях перериває цикли розвитку патогенів і покращує активність ґрунтової біоти. Концепція кругових ресурсів передбачає переробку побічних продуктів виробництва (пожнивні рештки, соломку) у біопаливо чи органічні добрива. Упровадження агролісокультурних систем сприяє зменшенню вітрової ерозії й підвищенні стійкості агрофітоценозів до змін клімату.

Інноваційні дослідження спрямовані на створення пшениць із підвищеною ефективністю використання води та поживних речовин. Геномне редагування, зокрема технологія CRISPR/Cas9, відкриває нові можливості для підвищення стійкості до посухи, солестійкості та шкідників. Адитивне введення генів, що визначають систему кореневих апаратів, сприяє покращенню доступу коренів до глибших шарів ґрунту. Становляться популярними гібриди пшениць, модифіковані для підвищеної активності фосфоензимів, що покращують засвоєння фосфору. Разом із селекцією впроваджуються методи біотехнології для прискорення процесу виведення нових сортів. Інтеграція феномних даних з даними дистанційного зондування сприяє прискоренню селекційних програм. Вчені створили сорти з підвищеною кількістю незамінних амінокислот у білку, що покращує харчову цінність зерна та забезпечує здорове харчування. Упровадження цих інновацій дає змогу аграріям адаптуватися до нових викликів

і підтримувати високу продуктивність у мінливих умовах.

Однією зі складових сучасного підходу є економічне обґрунтування технологій і аналіз рентабельності. Змінні витрати на пестициди, добрива та паливо становлять до 60–70 % собівартості вирощування пшениці, тому оптимізація цих факторів безпосередньо впливає на прибутковість [14]. Використання систем планування виробництва, які включають софт “1С: Агро” або “Agrosoft”, дозволяє вести облік операцій у реальному часі та коригувати стратегії залежно від ринкових цін і погодних умов. Визначення точки беззбитковості та аналіз чутливості витрат допомагають приймати рішення щодо доцільності застосування тих чи інших технологічних операцій. За допомогою економетричних моделей можна прогнозувати вплив підвищення цін на добрива та паливо на загальні витрати й формувати стратегії закупівлі ресурсів. Інтеграція даних із систем точного землеробства дає змогу зробити прогноз витрат на зону поля, що мінімізує ризики економічних втрат. Важливим є також аналіз ринку сертифікованого насіння і обрання постачальників із найбільш оптимальним співвідношенням ціни й якості. Рентабельність вирощування озимої пшениці за правильної організації виробництва може сягати 20–30 % від чистого доходу, залежно від регіону й ціни на зерно.

У сучасних агроформуваннях велика увага приділяється підготовці кадрів і підвищенню кваліфікації персоналу. Використання дистанційних навчальних платформ і вебінарів сприяє поширенню передових технологій серед фахівців агрономічного спрямування. Широке застосування мобільних додатків для моніторингу стану посівів, таких як Plantix чи Agrobase, допомагає молодим агрономам швидко знаходити рішення у випадках ураження хворобами й шкідниками. Навчальні програми включають теми з точного землеробства, біотехнологій, агрохімії та сучасних методів обробітку ґрунту. Підвищення кваліфікації дозволяє агрофірмам оперативного впроваджувати інновації і підвищувати ефективність виробництва. Крім того, сучасні агрокластерні платформи забезпечують обмін досвідом і співпрацю між науковцями й практиками, що сприяє створенню локальних адаптивних технологій.

Проведення польових днів і демонстраційних показів удосконалених сортів та техніки сприяє впровадженню інновацій у виробництво. У межах міжнародних проєктів реалізуються програми стажувань, які дають змогу українським агрономам переймати досвід у провідних аграрних підприємствах ЄС. Завдяки цим заходам підвищується компетентність кадрів і закладається підґрунтя для довгострокового розвитку галузі.

Екологічні аспекти сучасного вирощування озимої пшениці зумовлюють необхідність зниження викидів парникових газів і збереження біорізноманіття. Використання ресурсозберігальних технологій, зокрема no-till, знижує викиди CO₂ від оранки та сприяє накопиченню органічної речовини в ґрунті [13]. Впровадження перехресного вирощування змішаних посівів із сидератами в міжрядді сприяє підтримці популяцій корисних комах і зниженню навантаження на монокультури. У кінцевій фазі вирощування важливо мінімізувати залишкову кількість хімікатів у ґрунті, що досягається точними системами внесення з GPS-контролем і використанням препаратів із широким спектром дії. Після збирання пожнивні рештки використовують для виробництва біоенергії або як органічне добриво, що замінює частину мінеральних ресурсів. Зниження ерозійних процесів досягається за допомогою систем точкового обробітку ґрунту та стрічкового посіву. Застосування систем агрегування з мінімальним ущільненням дозволяє зберегти водоутримувальні властивості ґрунту. У межах екологічних сертифікаційних програм аграрії отримують додаткові переваги на ринку екологічної продукції. Під час вегетації важливо своєчасно відновлювати ґрунтові фітомеліоративні ланцюги шляхом внесення мікробіологічних препаратів, що підтримують баланс ґрунтової мікрофлори.

Наукові дослідження останніх років спрямовані на вивчення взаємодії кореневої системи та ґрунтових біоценозів. Сучасні методи глибинного зондування ґрунту за допомогою електромагнітних хвиль дозволяють побудувати карту інтенсивності розвитку кореневої системи. Це дає можливість спрямованого внесення добрив у зони з високою активністю коренів, що підвищує ефективність використання ресурсів на 15–20 % [12]. Фенотипова

селекція та рентгенівська мікротомографія ґрунту сприяють розумінню архітектури кореневої системи в різних сортів. Використання водостійких тензометрів у ґрунті дозволяє відстежувати динаміку змін вологості на рівні кореневмісних шарів. Застосування симуляційних моделей із глибинним навчанням сприяє прогнозуванню розвитку корневих систем у відповідь на погодно-кліматичні умови. Ці дані інтегрують у системи точного землеробства для диференційованого внесення добрив і управління зрошенням. Одночасно досліджуються молекулярні механізми взаємодії коренів із ґрунтовими мікроорганізмами для підвищення біофертильності ґрунту.

Завершальною фазою впровадження сучасних технологій є формування системи контролю якості на всіх етапах виробництва. Використання автоматизованих лабораторій для оперативного аналізу ґрунту, води й рослинної тканини забезпечує своєчасну корекцію технології. Проведення щомісячних моніторингових обстежень і лабораторних аналізів сприяє підтриманню балансу елементів живлення та своєчасному виявленню забруднень. Сучасні системи обліку даних агровиробництва забезпечують прозорість і відстежуваність ланцюгів створення продукту від поля до споживача. Використання блокчейн-технологій у відстеженні партій зерна гарантує безпеку та автентичність інформації для кінцевого споживача. Упровадження сертифікаційних стандартів, таких як GLOBALG.A.P. та органічна сертифікація, дозволяє виходити на міжнародні ринки з максимальною довірою до якості продукції. Регулярні аудити та селекційні перевірки гарантують відповідність технологій міжнародним вимогам. Завдяки цьому виробники отримують додаткові можливості для експорту та підвищення конкурентоспроможності своєї продукції на світових ринках.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Розробка операційної технології внесення мінеральних добрив є критично важливою для забезпечення високої врожайності і ефективного використання ресурсів. По-перше, сучасні економічні й екологічні вимоги диктують необхідність точного дозування добрив, щоб уникнути перенасичення ґрунту або забруднення довкілля. По-друге, правильна технологія забезпечує оптимальне розподілення частинок добрива на поверхні ґрунту, що сприяє рівномірному живленню рослин. Враховуючи агротехнічні стандарти й кліматичні умови регіону, слід ретельно вивчити характеристики агрегатів і встановити оптимальні режими роботи. Операційна технологія передбачає послідовність дій – від перевірки технічного стану машини до завершального аналізу якості внесення. При цьому важливо врахувати тип ґрунту, форму добрива (гранули, кристали) і необхідну норму внесення. Ефективність роботи суттєво залежить від коректного налаштування кожного елементу агрегату [3].

Трактор МТЗ-80 є базовою тяговою одиницею, використовуваною в сільськогосподарських роботах завдяки своїй надійності та універсальності. Двигун Д-240 з номінальною потужністю близько 80 к. с. забезпечує достатній крутний момент для роботи з різноманітними причіпними та напівпричіпними машинами. Кінематичні параметри валу відбору потужності (1000 об/хв) відповідають вимогам більшості розкидачів мінеральних добрив, у тому числі МВУ-5. Кабіна тракториста обладнана механізмами керування гідравлічною системою, що полегшує підйом і опускання причіпних машин. Загальна база трактора становить близько 2,6 м, що гарантує стабільність на полях з нерівною поверхнею. Завдяки повному приводному мосту на деяких модифікаціях він може працювати в умовах підвищеного зчеплення з ґрунтом. Допустиме навантаження на буксир (тяговий клас 1,4) відповідає масі МВУ-5 близько 2 000–2 200 кг.

Розкидач МВУ-5 призначений для поверхневого (суцільного) внесення твердих мінеральних добрив, їх сумішей, вапна та гіпсу. Бункер місткістю 0,5 м³ або 0,6 м³ (залежно від модифікації) забезпечує можливість роботи без постійного дозавантаження впродовж 8–10 га. Розкидач обладнаний двома дисками з лопатками, що обертаються в протилежних напрямках, забезпечуючи ширину захвату до 10–12 м у нормальних умовах. Регулювання норми висіву здійснюється за допомогою зміни висоти висівної щілини та амплітуди коливання висівної планки, що дає можливість встановлювати дозу від 40 до 2000 кг/га. Мінімальна робоча швидкість агрегату становить приблизно 8–10 км/год, оптимальна – 10–12 км/год. Конструкція дозувального пристрою дозволяє забезпечити нерівномірність розподілу не більше ± 15 % при правильно налаштованому агрегаті. Монтаж МВУ-5 на трьохточкову навіску трактора спрощує процес приєднання та від'єднання.

Агрегація МТЗ-80 з МВУ-5 виконується шляхом приєднання розкидача до триточнової навіски трактора та з'єднання вала відбору потужності (ВВП) з механізмом приводу розкидача. Перед початком робіт слід перевірити фіксацію буксирного гака й надійність кріплення гідроциліндрів підйому. ВВП має забезпечувати стабільні 1000 об/хв для оптимальної роботи розподільних дисків. Система гідравліки трактора відповідає за регулювання положення бункера й опускання/підйом розкидача. Варто уважно перевірити стан карданного валу, щоб уникнути биттів і передчасного зносу. Перед виїздом на поле слід закріпити всі підключення електрообладнання, яке забезпечує освітлення та індикацію рівня добрив у бункері. Коректна агрегація є базою для рівномірного й безпечного внесення добрив.

Підготовка обладнання перед початком внесення передбачає ретельний огляд технічного стану всіх елементів агрегату. По-перше, необхідно перевірити тиск в шинах трактора (1,2–1,4 атм), адже від цього залежить рівномірність руху і ширина колії. По-друге, слід оглянути гідравлічні рукави й з'єднання на розкидачі МВУ-5, уникаючи протікань масла. Диски розкидача потрібно очистити від залишків попереднього добрива та глини, щоб запобігти закупорці й

нерівномірному викиданню. Візуально перевіряють стан лопаток: вони не повинні мати сильних деформацій або тріщин. Ретельно очищають та змазують карданний вал із замковими сполуками. Не зайвим буде перевірити роботу регулювальних клапанів і висівної планки в холостому режимі. За потреби проводять невелике регулювання, щоб виключити перекоси й нерівномірний виліт гранул.

Підготовка добрив охоплює вибір відповідного типу (аміачна селітра, карбамід, суперфосфат, суміші) залежно від агрохімічних показників ґрунту й потреб культури. Добрива повинні бути сухими й дрібносипкими, аби уникнути забруднення дозувального пристрою грудками. Великі фракції слід додатково просіяти через сітку (3–5 мм), щоб забезпечити рівномірний потік крізь дозувальні отвори. Якщо використовується суміш різних типів добрив, їх попередньо ретельно змішують у сухому вигляді, наприклад, у бункері розкидача при невеликому обертанні шнека або спеціальній міксерній установці. Варто також перевірити вологість добрив – вона не повинна перевищувати 1,5 % відносної вологості, інакше можливе забивання робочих органів. Правильна підготовка гарантує відсутність нерівномірностей у нормі внесення.

Ключовим етапом є калібрування МВУ-5 під бажану норму внесення, яка визначається агрохімічною службою. Для цього встановлюють висоту висівної щілини й амплітуду коливання висівної планки відповідно до рекомендованої інструкції виробника. Наприклад, для норми 200 кг/га загальна площа, перекриття та швидкість руху визначають об'єм добрив, що мають вийти за одиницю часу. На рівні бункера монтують мірний лоток або приймач із відомою площею для збору добрив протягом відрізка шляху в кілька метрів. Вимірявши масу зібраних добрив, розраховують фактичну норму й коригують параметри клапанів. Якщо маса відрізняється від розрахункової більш ніж на $\pm 5\%$, калібрування проводять повторно. Важливо проводити калібрування після кожної зміни типу добрив або умов ґрунту (вологість, температура), адже це впливає на сипкість матеріалу.

Розрахунок норми внесення базується на агрохімічних показниках ґрунту

та вимогах культури до живлення. Зазвичай норма мінеральних добрив виражається в кг N, P₂O₅, K₂O на гектар залежно від типу ґрунту й попередника на полі. Після отримання даних агрохімічного паспорту ґрунту розраховують комплекс добрив, який забезпечить необхідний баланс елементів. Важливо врахувати коефіцієнт використання добрив (K_в) з ґрунту, що зазвичай становить 0,5–0,7 для карбаміду і до 0,4–0,5 для фосфатних добрив. Формула для розрахунку добової норми виглядає так:

$$N_n = (N_p - N_r) / K_v,$$

де N_n – необхідна норма, N_p – рекомендована агрохімією, N_r – поживні речовини, що залишилися в ґрунті.

Після обчислення маси добрив (наприклад, карбаміду) переводять цю масу в об'єм із урахуванням питомої ваги (1,33 т/м³) та визначають, скільки тонн слід завантажити у бункер розкидача. У разі застосування складних добрив із гранульованою формою розрахунок коригують відповідно до фракційного складу.

Налаштування робочої ширини є одним із найважливіших факторів для рівномірного внесення добрив. Для розкидача МВУ-5 оптимальна ширина захвату становить 10–12 м за умови відсутності сильного вітру. У вітряну погоду зазвичай застосовують додатковий вітрозахисний екран, що зменшує ширину до 6 м. Робоча швидкість трактора прямує до значення, при якому ширина зони ефективного покриття відповідає встановленій нормі. Дисковий механізм МВУ-5 повинен обертатися з оптимальною кутовою швидкістю для забезпечення стабільного дальності польоту гранул, що приблизно відповідає 300–350 об/хв на диску. Варто звернути увагу на рівність поверхні поля: за нерівностей слід зменшити швидкість або ширину захвату, щоб уникнути зниження якості покриття. Визначивши оптимальні геометричні параметри, оператор фіксує їх на індикаторах контролю машини. Це дозволяє досягти мінімальної нерівномірності, яка за нормами не повинна перевищувати ±15 %.

Для забезпечення стабільної роботи агрегату необхідно підтримувати відповідні параметри роботи мотора МТЗ-80 і ВВП. Оптимальний режим роботи

двигуна – 1800–2000 об/хв, що забезпечує добру тягову потужність і стабільне обертання ВВП. На МТЗ-80 вал відбору потужності за стандартом обертається зі швидкістю 1000 об/хв при 2000–2200 об/хв колінчастого вала двигуна. Тракторист повинен використовувати тахометр і контрольні прилади, щоб виключити перевантаження двигуна й нестабільну роботу ВВП. Перевищення рекомендованих оборотів може призвести до підвищеного зносу шестерень і вібрацій у трансмісії. З іншого боку, недостатня швидкість ВВП унеможливить рівномірне розсіювання добрив. Крім того, необхідно стежити за температурою охолоджувальної рідини (не вище 95 °C) і тиском оливи (не менше 1,5 атм).

Параметри руху трактора безпосередньо впливають на якість внесення добрив. Рекомендована робоча швидкість для агрегату МТЗ-80 + МВУ-5 становить 10–12 км/год, що забезпечує оптимальний баланс між продуктивністю й точністю розкиду. При швидкості нижче 8 км/год можливе утворення «смужок» — ділянок із надлишковою кількістю гранул. При перевищенні 12 км/год значно зростає нерівномірність, оскільки диски не встигають рівномірно розкидати матеріал. Під час руху слід утримувати постійну швидкість, використовуючи круїз-контроль або відповідний режим КПП трактора. При русі вздовж полоси поля (горизонтально) необхідно уникати різких розворотів, оскільки це призводить до нерівномірного виліту гранул. Для контролю правильності роботи можна використовувати тимчасові смужки: при однотонному кольорі добрива інколи додають декоративний барвник, що дозволяє оцінити рівномірність покриття.

Планування маршруту руху трактора з розкидачем забезпечує мінімізацію перекриттів і пропусків при внесенні. Рекомендується спочатку провести водні смуги (по периметру поля), щоб визначити чіткі межі зони роботи. Далі оператор слідує паралельними прямолінійними смугами з перекриттям не більше 5 % ширини захвату. Повороти в кінці смуги виконуються широким «U»-подібним маневром, щоб не допустити скупчення добрив у крайніх ділянках. При цьому слід врахувати ширину колії трактора (1,4–1,5 м), щоб уникнути пошкодження вже оброблених смуг. Для зручності можна використати GPS-навігацію або

контрольні кілки, встановлені на початку роботи. Правильне планування зменшує втрати часу на розвороти й забезпечує стабільну продуктивність, до 10–12 га/год.

Завантаження бункера МВУ-5 являє собою послідовність дій: під'їзд до місця зберігання добрив, встановлення рівня бункера до максимальної позначки та поступове завантаження за допомогою фронтального навантажувача або вручну. Слід уникати перевантаження — надлишок добрив може призвести до пошкодження дозувального механізму та підвищеної зносостійкості деталей. Після завантаження оператор закриває кришку бункера й переконується, що всі кріпильні елементи зафіксовані. Рекомендується залишати невеликий простір (5–7 см) до кромки бункера, щоб уникнути розсипання добрив під час руху по нерівностях. Далі тракторист запускає мотор і, перевіривши роботу висівної планки в режимі прозорого випуску, виїжджає на поле. Важливо стежити за рівнем залишку добрив у бункері: індикатор, який розміщується у верхній частині бункера, попереджує про необхідність дозавантаження.

Оператор трактора відповідає не лише за рух, а й за безперервний моніторинг якості внесення. Він повинен слідкувати за індикаторами норми висіву, рівнем коливань висівної планки та стабільністю обертання дисків. При появі «пробілів» у лотках чи нерівномірному викиді добрив необхідно негайно зупинитися й перевірити стан дозувального механізму та чистоту щілин. Також оператор контролює, щоб вал відбору потужності не мав надмірних вібрацій і не перегрівався. В разі зміни умов (підвищена вологість, сильний вітер) коригують швидкість руху або регулювання висівної щілини. Використання захисного навісного скла кабіни забезпечує комфорт оператору й покращує огляд. Своєчасне реагування на будь-які відхилення гарантує рівномірне розподілення добрив і мінімізує втрати.

Після завершення роботи агрегат необхідно очистити від залишків добрив для запобігання корозії та закупорці робочих елементів. Бункер промивають сухою щіткою або продувають стисненим повітрям, ретельно видаляючи залишки кристалічних частинок. Диски та дозувальний механізм обчищають від налиплих гранул із використанням м'якої щітки, після чого змащують

протизадирним мастилом вузли обертання. Карданний вал демонтують й очищають муфти від залишків мастила й добрив, перевіряючи стан гумових захисних чохлів. Після цього всі рухомі елементи змащують свіжим мастилом згідно з технічним паспортом МВУ-5. На завершення агрегат зберігають у критому приміщенні, захищеному від вологи. Такі профілактичні заходи продовжують термін експлуатації вузлів та гарантують безперебійну роботу в наступному сезоні.

Під час виконання робіт із внесення добрив необхідно дотримуватися вимог техніки безпеки. По-перше, перед виїздом оператор повинен пройти інструктаж з безпечного користування трактором і розкидачем, ознайомитися з правилами пожежної безпеки. По-друге, заборонено працювати в бункері під час завантаження без зупиненого двигуна й відключеного ВВП. Оператору слід використовувати індивідуальні засоби захисту: рукавички, окуляри та респіратор, оскільки дрібні частинки добрив можуть подразнювати органи дихання. Не можна заходити в зону обертання дисків: механізм мають зупинити перед будь-якою переналадкою або технічним оглядом. Також потрібно стежити, щоб поблизу не було сторонніх осіб (дітей, тварин) під час роботи розкидача. У разі несправності негайно вимикають ВВП і відключають гідравліку.

Економічні та екологічні аспекти операційної технології внесення добрив мають велике значення для сталого агровиробництва. Раціональне використання добрив зменшує собівартість продукції й запобігає перенакопиченню солей у ґрунті. При правильному розрахунку норми та рівномірному розподіленні витрати добрив можуть бути знижені на 15–20 %, що безпосередньо впливає на економічну ефективність. З екологічної точки зору уникнення внесення надлишкових доз є запорукою збереження водних ресурсів від забруднення нітратами. Крім того, зменшення пилових викидів знижує ризики забруднення повітря. Використання сучасних агрегатів дозволяє мінімізувати енергетичні витрати на внесення, оскільки МТЗ-80 у поєднанні з МВУ-5 демонструє витрату палива на рівні 8–10 л/га. Це сприяє зниженню викидів CO₂ у атмосферу.

Отже, розробка операційної технології внесення мінеральних добрив із

використанням трактора МТЗ-80 та розкидача МВУ-5 передбачає послідовність підготовчих, калібраційних, робочих і закінчувальних заходів. Кожен етап – від вибору типу добрив і розрахунку норми до налаштування обладнання й контролю якості внесення – має бути ретельно задокументований. Така системність дозволяє забезпечити високу врожайність, економію ресурсів і мінімальний негативний вплив на довкілля. Ми маємо врахувати показники продуктивності МВУ-5 до 10 га/год на нормі 400 кг/га, а також оптимальні режими роботи двигуна і ВВП трактора. У результаті впровадження даної технології підвищується ефективність процесу живлення рослин, що відображається в покращенні врожайності та якості культури. Рекомендується проводити регулярний моніторинг параметрів роботи техніки та агрохімічного стану ґрунту, щоб у разі потреби коригувати стратегію внесення.

Розрахунок операційно-технологічної карти представлено в додатку А, а результати відображені на аркуші 2 графічної частини

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДИСКОВОГО МЕХАНІЗМУ РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

3.1. Аналіз наявних дисків для розкидання мінеральних добрив

За способом поширення добрив машини поділяються на дві категорії: тукові сівалки з тарілковими розкидачами та апарати з відцентровим розподілом. У тарілкових туковисівних установках використовують дискові механізми, що забезпечують високу рівномірність розсіву при невеликих нормах внесення мінеральних добрив. Регулювання кількості добрив здійснюється зміною обертів дисків та налаштуванням зазору між дном тарілки й заслінкою за допомогою відповідного регулятора. Основний недолік таких систем – відсутність можливості змінювати ширину захвату розкидача.

Машина НРУ-5 із відцентровим висіваючим апаратом призначена для суцільного розсіювання мінеральних добрив і їхніх сумішей по поверхні ґрунту на полях та в садах. Виконавчі елементи цього розкидача дають змогу змінювати робочу ширину від 6 до 12 метрів залежно від типу добрив. Проте таке регулювання здійснюється не через зміну конструкції самих робочих органів, а за рахунок зміни їхнього положення в потрібній зоні диска. Розкидачі серій РУМ-5, МВУ-5, 1-РМГ-4 оснащені дисковим пристроєм, який складається з двох горизонтально встановлених дисків із радіально закріпленими лопатями на їхній верхній поверхні.

Мінеральні добрива, потрапляючи на поверхню дисків, завдяки відцентровій силі розлітаються на приблизно 6 метрів від центру. Основним недоліком таких механізмів є обмежені можливості регулювання ширини захвату та забезпечення рівномірності внесення добрив. У зазначених агрегатах диски мають діаметр від 0,35 до 0,75 м і обертаються з частотою 400–600 об/хв. Лопаті на дисках зафіксовані під кутом 12–18° відносно напрямку обертання, але їхнє положення незмінне під час роботи, що не дає змоги відрегулювати кут

установки. Ключовими параметрами, що визначають ширину захвату та рівномірність розподілу добрив, є швидкість обертання та діаметр дисків. Хоча швидкість можна змінювати, розмір самого диска залишається незмінним.

3.2. Опис удосконалення

Ідея вдосконалення полягає в розробці робочого органа, здатного регулювати ширину захвату під час внесення мінеральних добрив. Для реалізації цього на базовій платформі МВУ-5 передбачено монтаж диска із рухомими лопатями, які можуть обертатися до 90°. Конструкція включає диск, насаджений на центральний вал, та дві лопаті, закріплені до диска через гвинтові кріплення. На самі лопаті додаються подовжувачі, що дають змогу розширювати робочу зону розкидання до 30 метрів. Така конструкція забезпечує можливість змінювати ширину захвата без заміни основних компонентів машини, варіюючи кут нахилу лопатей та встановлюючи додаткові подовжувачі.

3.3. Обґрунтування вибору параметрів запропонованого механізму

3.3.1. Визначення ключових конструктивних і кінематичних характеристик.

Серед основних показників, які потрібно розрахувати, - максимальний і мінімальний радіуси обертання найвіддаленішої точки лопаті, а також максимальна і мінімальна швидкості відльоту частинок мінеральних добрив залежно від варіації довжини лопаті та її розміщення у радіальному напрямку.

Найбільший радіус обертання зовнішньої точки лопаті (див. рис. 3.1) досягається, коли лопать встановлена у радіальному положенні [5]:

$$R_{max} = |OO_1| + |O_1A| + \Delta O_1A, \quad (3.1.)$$

$|OO_1|$ — відстань між центром обертання диска O і точкою O_1 , де лопать відхилена від радіального положення під кутом α (м);

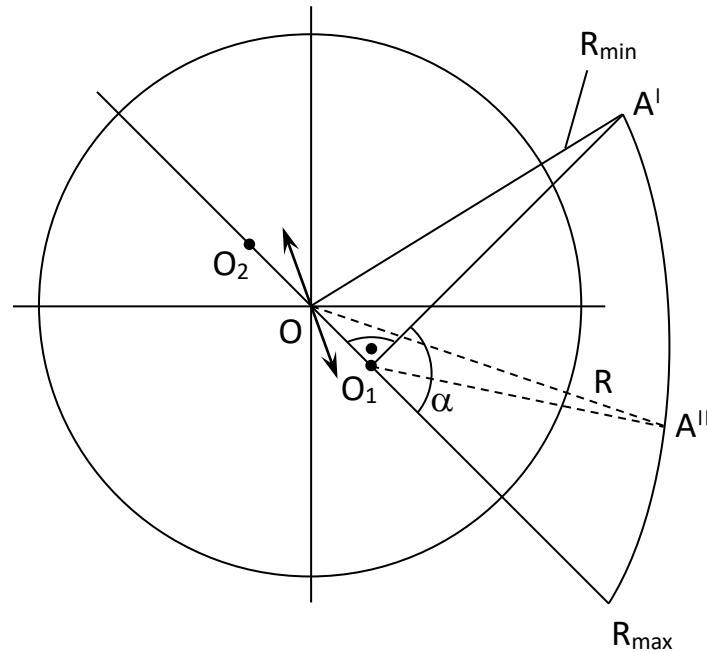


Рис. 3.1. Схема для розрахунку ключових конструктивних параметрів модернізованого диска.

$|OA_1|$ – довжина лопаті від точки O_1 до її зовнішньої точки A (м);

ΔO_1A — приріст довжини лопаті, викликаний використанням вигнутої пластини (м).

У загальному випадку радіус обертання кінцевої точки лопаті змінюється, і його можна визначити за теоремою косинусів для трикутника $O-O_1-A$ з урахуванням ΔO_1A :

$$R = \sqrt{|OO_1|^2 + (|O_1A| + \Delta O_1A)^2 - 2|OO_1| \cdot (|O_1A| + \Delta O_1A) \cdot \cos(180 - \alpha)}, \quad (3.2)$$

R_{max} маємо при $\alpha=0$ і $\Delta O_1A=\max$

$$R = \sqrt{(|O_1O| + (|O_1A| + \Delta O_1A))^2} = |O_1O| + |O_1A| + \Delta O_1A, \quad (3.3)$$

Як уже зазначалося вище, відстань до найвіддаленішої точки лопаті прямо пропорційна значенням кута α і величині ΔO_1A .

При $\alpha=0$ і $\Delta O_1A=\max$

$$R_{max} = 80 + 225 + 30 = 335 \text{ мм} = 0,335 \text{ м}.$$

За умови $\alpha = 90^\circ$ лопать досягає максимальної відстані від радіального положення, а приріст ΔO_1A дорівнює нулю:

$$R_{min} = \sqrt{|O_1O|^2 + |O_1A|^2}, \quad (3.4)$$

$$R_{min} = \sqrt{80^2 + 225^2} = 238,8 \text{ мм} = 0,239 \text{ м}.$$

Беручи до уваги фіксовану частоту обертання диска $\omega = 80 \text{ с}^{-1}$, визначимо граничні (максимальну та мінімальну) швидкості відриву частинок мінеральних добрив за стандартними формулами:

$$V_{max} = \omega \cdot R_{max}, \quad (3.5)$$

$$V_{max} = 55 \cdot 0,335 = 18,42 \text{ м / с},$$

$$V_{min} = \omega \cdot R_{min}, \quad (3.6)$$

$$V_{min} = 55 \cdot 0,239 = 13,15 \text{ м / с}.$$

Таким чином, найбільша швидкість викидання спостерігається за розташування лопатей у радіальному положенні з максимальним подовженням, а найменша — коли лопать відхилена на 90° без подовження.

3.3.2. Визначення відстані польоту частинки

Гранули мінеральних добрив ковзають по поверхні лопаті й відокремлюються від неї на місці, де закріплена зігнута пластина. Тому слід розглянути траєкторію руху частинки, киненої під деяким кутом до горизонту (див. рис. 3.2).

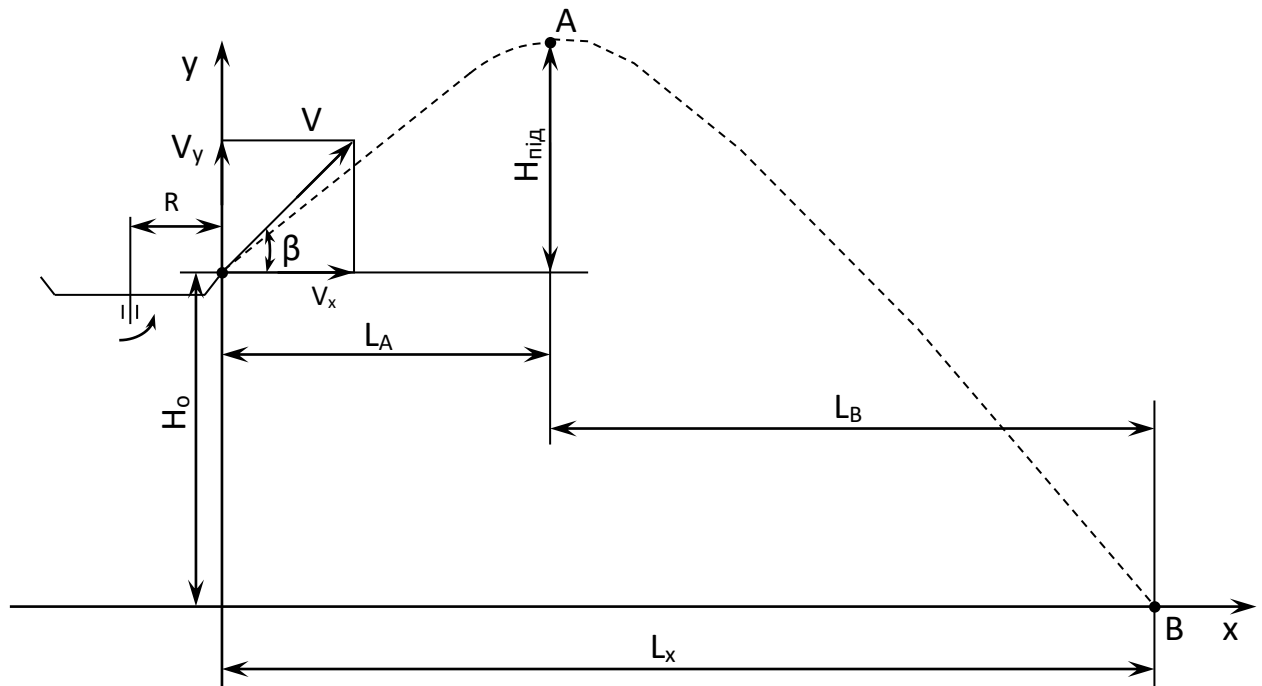


Рис. 3.2. Схема для обчислення горизонтальної дальності польоту частинки, яка викинута під деяким кутом до рівня горизонту (L_x – відстань, яку

долає частинка до точки приземлення)..

Ключовою точкою траєкторії є точка А, де частинка досягає максимальної висоти — в цей момент її вертикальна швидкість V_y дорівнює нулю, після чого починається вільне падіння, при цьому:

$$L_A = V_x \cdot t_A, \quad (3.7)$$

$$L_B = V_x \cdot t_B, \quad (3.8)$$

де t_A — час піднімання частинки на максимальну висоту, визначаємо з умови,

$$V_y = V_0 \cdot \sin \beta - gt_A, \quad (3.9)$$

при $V_y = 0$ тоді

$$V_0 \cdot \sin \beta - gt_A = 0 \Rightarrow t_A = \frac{V_0 \sin \beta}{g}, \quad (3.10)$$

де β — кут кидання відносно горизонтальної лінії; згідно з відомими даними, він дорівнює 45° ,

$$t_{Amax} = \frac{V_{max} \cdot \sin \beta}{g} = \frac{18,42 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 0,94c,$$

$$t_{Amin} = \frac{V_{min} \cdot \sin \beta}{g} = \frac{13,15 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 0,67c.$$

Таким чином горизонтальна відстань, яку подолає частинка до моменту досягнення максимальної висоти, становитиме:

$$L_{Amax} = t_{Amax} \cdot V_{max} \cdot \cos \beta, \quad (3.11)$$

$$L_{Amax} = 0,94 \cdot 18,42 \cdot \cos 30^\circ = 15,00m,$$

$$L_{Amin} = t_{Amin} \cdot V_{min} \cdot \cos \beta, \quad (3.12)$$

$$L_{Amin} = 0,67 \cdot 13,15 \cdot \cos 30^\circ = 7,63m.$$

У цьому випадку максимальна висота підйому частинки [4] буде такою:

$$H_{max} = \frac{g_{max}^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g}, \quad (3.13)$$

$$H_{max} = \frac{18,42^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 9,8} = 4,33m,$$

$$H_{min} = \frac{g_{min}^2 \cdot \sin^2 \beta}{2g}, \quad (3.14)$$

$$H_{min} = \frac{13,15^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 9,8} = 2,2 \text{ м},$$

Звідки час падіння частинки можна визначити залежністю:

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(H + H_{max})}{g}}, \quad (3.15)$$

де H позначає встановлену висоту розкидних дисків у метрах.,

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(0,7 + 4,33)}{9,8}} = 1,01 \text{ с},$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2(H + H_{min})}{g}}, \quad (3.16)$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2(0,7 + 2,2)}{9,8}} = 0,77 \text{ с}.$$

Таким чином підсумкова відстань польоту частинки:

$$L_{max} = L_{Amax} + V_{max} \cdot \cos \beta \cdot t_{max}, \quad (3.17)$$

$$L_{max} = 15 + 18,42 \cdot \cos 30^\circ \cdot 1,01 = 31,16 \text{ м},$$

$$L_{min} = L_{Amin} + V_{min} \cdot \cos \beta \cdot t_{min}, \quad (3.18)$$

$$L_{min} = 7,63 + 13,15 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,77 = 16,39 \text{ м}.$$

Беручи до уваги вплив аеродинамічного опору при вільному падінні частинок і необхідність подвійного перекриття, приймаємо, що ефективна ширина захвату розкидача коливатиметься від 30 м до 15 м у міру зміни кута установки лопатки α від 0° до 90° .

3.3. Визначення параметрів шпонкового з'єднання

Завдання цього розділу – оцінити міцність шпонки щодо зминання та зрізу в найвразливішій зоні з мінімальним діаметром вала.

Початкові дані:

- Максимально допустимий обертовий момент $M_{кр.мах}$, Н×м,

- Корисна довжина шпонки $l = 30$ мм,
- Діаметр вала $d = 20$ мм,
- Розміри шпонки: ширина $b = 8$ мм, товщина $h = 8$ мм,
- Виступ шпонки з пазу $K = 3$ мм,
- Граничне допустиме напруження на зминання $[\sigma_{cm}] = 1,5 \cdot 10^8$ Па,
- Граничне допустиме напруження на зріз $[\tau_{cm}] = 2,5 \cdot 10^8$ Па,
- Твердість обробленої поверхні $\leq$ НВ 240.

Припускаємо, що навантаження розподіляється по всій довжині шпонки рівномірно.

Шпонка аналізується: її бічні грані перевіряються на зминання, а переріз по лінії С–С – на зріз (див. рис. 3.3)

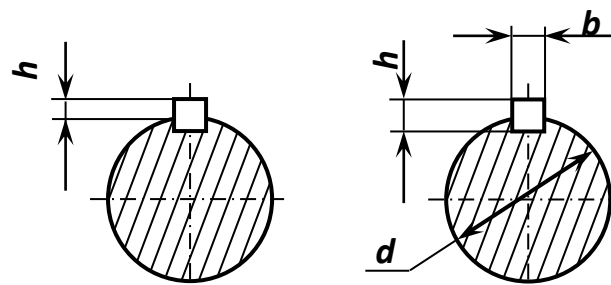


Рис. 3.3. Схема для розрахунку.

Критерій міцності при зминанні [7]:

$$[M_{кр.маx}] = 0,5d \cdot K \cdot l \cdot [\sigma_{cm}], \quad (3.19)$$

Звідки:

$$[M_{кр.маx}] = 0,5 \cdot 0,02 \cdot 0,003 \cdot 0,03 \cdot 15 \cdot 10^8 = 135 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Критерій міцнісної витривалості перерізу С–С при зрізі:

$$[M_{кр.маx}] = 0,5(d + K) \cdot b \cdot l \cdot [\tau_{cm}], \quad (3.20)$$

Звідки:

$$[M_{кр.маx}] = 0,5(0,02 + 0,003) \cdot 0,008 \cdot 0,03 \cdot 2,5 \cdot 10^8 = 690 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Найбільший крутний момент визначають із рівняння, що зв'язує потужність:

$$N = M \cdot \omega, \quad (3.21)$$

де N – енерговитрати на привід диска-розкидача,

$$M = \frac{4000}{55} = 72,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

У цьому випадку вимога міцності при зминанні задовольняється, оскільки $[M_{\text{кр. max}}] > M_{\text{кр.}}$.

Тобто це шпонкове з'єднання спроможне передати крутний момент, необхідний для приводу диска-розкидача.

Висновки

Розроблено інноваційні диски з рухомими лопатями для розкидача МВУ-5, що дозволило значно покращити якість внесення мінеральних добрив, спростити налаштування норми внесення та забезпечити більш рівномірний розподіл за рахунок збільшеного перекриття між сусідніми проходами.

Визначено ключові конструктивні та технологічні характеристики нових дисків: максимальний радіус обертання крайньої точки лопатки коливається від 0,239 м до 0,335 м, при цьому кут відхилення лопатки від радіального положення змінюється від 0° до 90°; дальність польоту частинки при варіюванні радіуса розкидання знаходиться в діапазоні від 15 м до 30 м.

.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було обґрунтовано необхідність модернізації комплексу машин для вирощування озимої пшениці, зокрема вдосконалення розкидача мінеральних добрив. На підставі аналізу існуючих агрегатів визначено основні технічні недоліки — нерівномірність розподілу добрив, обмежені можливості регулювання норми та ширини розкидання, а також високу матеріаломісткість і енергоємність процесу. Отримані результати підтвердили актуальність розробки конструктивно-технологічних рішень, що дозволяють підвищити точність та ефективність внесення добрив.

Було сформульовано технічні та експлуатаційні вимоги до вдосконаленого розкидача, з урахуванням агротехнічних норм дозування та специфіки ґрунтово-кліматичних умов регіону. Зокрема, встановлено діапазони регулювання кута нахилу лопатей, геометрії дисків та швидкості обертання, які забезпечують рівномірність покриття площі. Розроблена конструкція передбачає використання міцних, зносостійких матеріалів та уніфікованих вузлів приводу, що сприяє зниженню ваги й габаритів розкидача без втрати його продуктивності.

Розрахунками міцності обґрунтовано вибір основних параметрів елементів конструкції: товщини корпусу, діаметра дисків і розмірів лопатей, що гарантують необхідний ресурс вузлів за інтенсивної експлуатації.

Впровадження вдосконаленого розкидача дозволяє скоротити витрати на придбання добрив до 10 %, завдяки чіткому дотриманню встановленої норми.

Зниження енерго- та матеріаломісткості процесу підвищує загальну рентабельність виробництва озимої пшениці, а зменшення негативного впливу добрив на довкілля відповідає вимогам екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоус В. С. Машини і знаряддя для внесення добрив: підручник. Київ: Урожай, 2015. 320 с.
2. Гуменюк В. В. Точне землеробство: технології, машини, обладнання: монографія. Київ: Національний авіаційний університет, 2016. 248 с.
3. Жук О. П. Механізація вирощування зернових культур: підручник. Харків: Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, 2014. 280 с.
4. Іваненко Л. І. Основи енергії та технологій у сільському господарстві: монографія. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2017. 300 с.
5. Коваленко М. П. Технологія вирощування озимої пшениці: навч. посібник. Вінниця: Вінницький національний аграрний університет, 2018. 260 с.
6. Мельник С. О. Розкидачі мінеральних добрив: конструкція та розрахунок: монографія. Київ: Урожай, 2019. 210 с.
7. Назаренко В. І., Павловський Ю. М. Агротехнічні норми внесення добрив: метод. рекомендації. Київ: Українська академія аграрних наук, 2013. 120 с.
8. Семенюк А. О. Екологічні аспекти внесення добрив: монографія. Черкаси: Черкаський державний технологічний університет, 2016. 220 с.
9. Шевченко П. В. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Либідь, 2015. 350 с.
10. Giroux S. J. (ред.). Precision Agriculture for Sustainability and Environmental Protection: посібник. Cambridge: CABI, 2014. 280 с.
11. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

12. Fliegel J., Dobřízková L. Design and Optimization of Fertilizer Spreaders: J. of Applied Engineering in Agriculture, 2017. T. 33, № 4. С. 215–225.
13. John Deere. Fertilizer Spreaders Catalog: каталог. Moline, IL: Deere & Company, 2018. 150 с.
14. Kramer H. M. Farm Machinery: Principles and Applications: підручник. New York: McGraw-Hill, 2013. 400 с.
15. Lal R. Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems: монографія. Boca Raton: CRC Press, 2016. 320 с.
16. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
17. McCauley A. R., Jones W. R. Soil Fertility and Fertilizers: підручник. Hoboken: Wiley, 2015. 360 с.
18. Смолярчук С. В. Математичне моделювання процесів розподілу добрив: дис. канд. техн. наук. Київ, 2018. 180 с.
19. AGCO Corporation. Vicon Fertilizer Spreaders Manual: посібник. Duluth, GA: AGCO, 2017. 130 с.
20. ФАО. Precision Agriculture: Керівництво з точного землеробства: метод. рекомендації. Рим: ФАО, 2015. 145 с.
21. ISO 16058:2003. Fertilizing Equipment – Test Methods for Lateral Spread: стандарт. Женева: ISO, 2003. 45 с.
22. ДСТУ 2425-94. Машини сільськогосподарські. Знаряддя розкидання мінеральних добрив. Терміни та визначення: стандарт. Київ: Держспоживстандарт України, 1994. 10 с.
23. ДСТУ 8392:2015. Машини сільськогосподарські. Методика випробувань розкидачів добрив: стандарт. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 20 с.
24. Воронезцев І. О., Степанов Ю. В. Інновації в аграрній інженерії: монографія. Київ: Національний авіаційний університет, 2020. 270 с.

25. Engelbrecht A. Yield Response to Fertilizer Application: J. of Agronomy, 2019. T. 47, № 2. C. 145–158.