

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

**інженерії машин, споруд та технологій**

(повна назва факультету)

**технічної механіки та сільськогосподарських машин**

(повна назва кафедри)

# **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня

**Бакалавр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Удосконалення технології хімічного захисту польових культур з  
модернізацією агрегату для приготування робочих рідин**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс

спеціальності \_\_\_\_\_

**208 Агроінженерія**

(шифр і назва спеціальності)

**Бунт П.А.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

**Бабій А.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

**Сташків М.Я.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

**Бабій А.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бунту Павлу Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології хімічного захисту польових культур з модернізацією агрегату для приготування робочих рідин

Керівник роботи Бабій Андрій Васильович, д.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» 01 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2026

3. Вихідні дані до роботи: \_\_\_\_\_

план механізованих робіт при вирощуванні озимої пшениці; технічні параметри змішувача:

діаметр лопаті  $D=1,8$  м, ширина лопаті  $h=14$  см, кут нахилу лопаті відносно до

горизонтальної площини  $\alpha=30^\circ$ , швидкість обертання валу мішалки  $n=112$  об/хв; технічна

характеристика базової машини.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технологій вирощування польових культур. Озима пшениця.

2. Рекомендації з покращення технології вирощування озимої пшениці.

3. Проектна частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Мета і завдання дослідження. Агрегат приготування розчинів. Змішувач. СК. Графік

завантаження сільськогосподарських машин. Графік завантаження тракторів. Технологічна

карта. Деталювання. Загальні висновки.



## Реферат

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технології хімічного захисту польових культур шляхом модернізації агрегату для приготування робочих рідин.

Мета роботи – підвищення ефективності технології хімічного захисту польових культур завдяки вдосконаленню процесу приготування робочих рідин і модернізації агрегату, що забезпечує підвищення точності дозування та якості змішування компонентів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

проаналізувати існуючі технології вирощування та захисту польових культур; дослідити ефективність застосування препаратів та способів протруювання насіння; проаналізувати конструктивні особливості машин і агрегатів; обґрунтувати напрямки удосконалення технології приготування робочих рідин; виконати теоретичні та інженерні розрахунки елементів конструкції; оцінити безпеку та розробити заходи з охорони праці.

Об'єкт дослідження – технологічний процес приготування та використання робочих рідин для хімічного захисту рослин.

Предмет дослідження – конструкція та параметри агрегату для приготування робочих рідин, зокрема система змішування, дозування і привідні механізми.

Наукова новизна роботи полягає у вдосконаленні конструкції агрегату для приготування робочих рідин, оптимізації системи перемішування та дозування, а також у впровадженні технічних рішень, що підвищують ефективність і універсальність використання обладнання.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні модернізованого агрегату, який забезпечує підвищення продуктивності, зниження витрат робочих розчинів і паливно-енергетичних ресурсів, покращення умов праці та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. У роботі розглянуто сучасні технології вирощування озимої пшениці, рекомендації щодо їх удосконалення, виконано проектну частину та розглянуто питання безпеки життєдіяльності.

Ключові слова: протруювач, хімічний захист, робоча рідина, агрегат, дозування, змішування, технологічний процес, озима пшениця, привід, колесо.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР. ОЗИМА ПШЕНИЦЯ.....	7
1.1 Загальний аналіз технології вирощування озимої пшениці.....	7
1.2 Система удобрення при вирощуванні озимої пшениці.....	11
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	27
2.1 Обґрунтування кількості технічних засобів для вирощування озимої пшениці.....	27
2.2 Роль хімічного захисту при вирощуванні озимої пшениці.....	32
2.3 Агротехнічні вимоги до приготування та внесення робочих рідин пестицидів і гербіцидів.....	35
2.4 Огляд конструкцій агрегатів для приготування робочих рідин пестицидів та заправки обприскувачів.....	37
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	44
3.1 Обґрунтування доцільності створення агрегату для приготування робочих розчинів отрутохімкатів.....	44
3.2 Розрахунок деталей і вузлів змішувача.....	46
3.3 Розрахунок навантаження та вибір підшипників.....	50
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	53
4.1 Небезпеки, що виникають при приготуванні робочих розчинів для заправки обприскувачів.....	53
4.2 Заходи охорони праці для запобігання небезпек, що виникають при приготуванні робочих розчинів.....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

## ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується інтенсивним розвитком технологій вирощування польових культур, серед яких важливе місце займає система захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів. Однією з ключових складових цієї системи є хімічний захист, який забезпечує стабільність урожайності, підвищення якості продукції та економічну ефективність аграрного виробництва. В умовах зростання вимог до екологічної безпеки, ресурсозбереження та точності внесення засобів захисту рослин (ЗЗР) особливої актуальності набуває удосконалення технологічних процесів приготування і внесення робочих рідин.

Ефективність хімічного захисту значною мірою визначається якістю робочої рідини, яка залежить від точності дозування компонентів, рівномірності їх змішування та стабільності отриманої суміші. Недосконалість процесу приготування робочих рідин часто призводить до зниження біологічної ефективності препаратів, перевитрати дорогих хімічних засобів, нерівномірності покриття рослин та негативного впливу на довкілля. Крім того, технічний стан і конструктивні особливості агрегатів для приготування робочих рідин безпосередньо впливають на продуктивність праці, безпеку операторів та рівень механізації технологічних процесів.

У зв'язку з цим зростає потреба у модернізації існуючих технічних засобів і розробленні нових технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності приготування та використання робочих рідин. Особливого значення набуває вдосконалення агрегатів, які забезпечують точне дозування компонентів, інтенсивне та рівномірне перемішування, автоматизацію процесу та можливість роботи з різними типами препаратів. Використання сучасних технічних рішень дозволяє не лише підвищити якість приготування робочих сумішей, але й знизити витрати ресурсів, мінімізувати втрати препаратів та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Актуальність теми також зумовлена тим, що більшість існуючих агрегатів

для приготування робочих рідин мають низку конструктивних недоліків, таких як недостатня ефективність змішування, нерівномірність концентрації компонентів, складність обслуговування та обмежена універсальність. Це обмежує можливість їх використання в умовах сучасного інтенсивного землеробства, де важливими є гнучкість, точність і надійність технологічних операцій. Удосконалення конструкції агрегату дозволяє вирішити ці проблеми шляхом впровадження нових технічних рішень, зокрема оптимізації гідродинамічних процесів, удосконалення систем дозування та перемішування, а також застосування елементів автоматизації.

В умовах впровадження концепцій точного землеробства особливе значення має забезпечення високої точності приготування робочих рідин і їх відповідності заданим параметрам. Це дозволяє оптимізувати норми внесення ЗЗР, зменшити їх витрати та підвищити ефективність використання агрохімічних ресурсів. Таким чином, модернізація агрегатів для приготування робочих рідин є важливою складовою загальної стратегії підвищення ефективності аграрного виробництва.

Метою даної роботи є удосконалення технології хімічного захисту польових культур шляхом модернізації агрегату для приготування робочих рідин, спрямоване на підвищення якості змішування, точності дозування компонентів і загальної ефективності технологічного процесу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд завдань, зокрема проаналізувати існуючі технології та технічні засоби, визначити основні недоліки їх роботи, обґрунтувати напрямки модернізації агрегату та оцінити ефективність запропонованих технічних рішень.

# 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР. ОЗИМА ПШЕНИЦЯ

## 1.1 Загальний аналіз технології вирощування озимої пшениці

У сучасному рослинництві озима пшениця залишається однією з базових зернових культур, від якої значною мірою залежить продовольча безпека та економічна стійкість аграрних підприємств. Однак сьогодні традиційні підходи до її вирощування вже не забезпечують максимальної віддачі, оскільки виробництво відбувається в умовах змін клімату, нестабільного зволоження, підвищення вартості ресурсів і зростання вимог до екологічної безпеки. Саме тому технологія вирощування озимої пшениці все частіше базується не лише на класичних агроприйомах, а й на елементах ресурсозбереження, точного землеробства, інтегрованого живлення та захисту рослин. Сучасні науково-практичні рекомендації НААН наголошують, що оптимізація обробітку ґрунту, строків сівби, норм висіву, системи удобрення й захисту дає змогу істотно підвищити реалізацію генетичного потенціалу сортів і знизити витрати ресурсів.

Після збирання попередника під озиму пшеницю насамперед проводять лущення стерні або поверхнєве дискування для збереження вологи, стимулювання проростання падалиці та бур'янів і створення сприятливих умов для наступного основного обробітку. У сучасній технології глибина й спосіб цього обробітку визначаються не лише типом попередника, а й ступенем забур'яненості, щільністю ґрунту та запасами продуктивної вологи. Якщо раніше такі операції здебільшого виконувалися стандартними дисковими знаряддями, то нині агровиробники дедалі частіше застосовують комбіновані агрегати, які дозволяють за один прохід подрібнювати рослинні рештки, частково перемішувати верхній шар ґрунту та вирівнювати поверхню поля. Це особливо актуально після кукурудзи, соняшнику або інших просапних культур, коли на полі залишається значна кількість пожнивних решток, що ускладнює

якісну підготовку посівного ложа.

Основний обробіток ґрунту під озиму пшеницю в сучасних умовах доцільно проводити з урахуванням зони вирощування, погодних ризиків та вологості ґрунту. Для більшості виробничих ситуацій ефективним залишається поєднання поверхневого лушення з наступною оранкою або глибоким безполицевим обробітком. У ресурсозберігаючих системах дедалі частіше відмовляються від надмірної кількості проходів техніки, оскільки це веде до ущільнення ґрунту, втрат вологи й додаткових витрат пального. Сьогодні акцент робиться на мінімізації механічного впливу за умови збереження оптимальної структури орного шару, особливо на полях із нестабільною вологою. У такому підході важливими є не лише класичні ґрунтообробні агрегати, а й застосування GPS-навігації, контрольованого руху техніки по постійних технологічних коліях та агрегування машин з урахуванням карти поля.

Не менш важливою складовою є система удобрення. Озима пшениця дуже чутлива до забезпеченості елементами живлення, особливо азотом, фосфором і калієм. У традиційній схемі добрива вносили переважно суцільним способом перед оранкою, але сучасна технологія передбачає більш точний підхід – основне внесення з урахуванням агрохімічного аналізу ґрунту, локальне внесення в рядки під час сівби та диференційовані весняні підживлення за фазами розвитку рослин. Нині все частіше використовують не тільки мінеральні добрива, а й мікроелементи, антистресові препарати, біостимулятори та регулятори росту, які допомагають рослинам краще перенести осінні й весняні коливання температури. За сучасними рекомендаціями, система живлення має бути гнучкою: перше азотне підживлення проводять рано навесні для відновлення вегетації, а подальші внесення коригують залежно від густоти стояння, стану листкового апарату та прогнозованої врожайності.

Сівба озимої пшениці в умовах інтенсивної технології повинна забезпечувати дружні, рівномірні сходи та формування міцних рослин перед

входженням у зиму. У сучасних рекомендаціях підкреслюється, що строки сівби необхідно встановлювати не за календарем, а з урахуванням регіональних кліматичних умов, температурного режиму, вологості ґрунту та біологічних особливостей сорту. Для більшості регіонів України оптимальними залишаються строки, коли рослини встигають утворити добре розвинену кореневу систему та пройти початкові етапи кущення до настання стійкого похолодання. Разом із цим важливими є норма висіву й глибина загортання насіння: надмірне загущення посівів підвищує ризик вилягання та поширення хвороб, а надто зріджені посіви не реалізують потенціал продуктивності поля. Тому сучасний підхід передбачає не лише дотримання рекомендованих параметрів, а й їх диференціацію залежно від сорту, попередника, обробітку ґрунту та наявності вологи.

Окрему увагу в сучасній технології приділяють догляду за посівами в осінньо-весняний період. Якщо раніше догляд обмежувався боронуванням, підживленням і хімічними обробками за фіксованими схемами, то тепер широкого поширення набуває інтегрована система захисту рослин. Вона передбачає поєднання агротехнічних, біологічних, моніторингових і хімічних методів із пріоритетом профілактики та економічної доцільності. Сучасні технології захисту опираються на фітосанітарний моніторинг, оцінку порогу шкідливості, використання стійких сортів, своєчасне протруювання насіння, а також точне обприскування з урахуванням погодних умов, фази розвитку рослин і реального стану посівів. Замість суцільного «профілактичного» внесення препаратів дедалі частіше застосовують елемент точного землеробства – диференційоване або зональне обприскування, яке дає змогу зменшити хімічне навантаження на агроценоз та підвищити ефективність використання засобів захисту.

У контексті хімічного захисту рослин особливої уваги набуває якість приготування робочих рідин. Саме на цьому етапі закладається ефективність майбутньої обробки, оскільки навіть високоякісний препарат не забезпечить належного результату за умови неправильного дозування, недостатнього

перемішування або нестабільної концентрації. Сучасні підходи вимагають використання агрегатів, здатних точно відмірювати компоненти, забезпечувати однорідність суміші, виключати утворення осаду та мінімізувати втрати робочого розчину. У зв'язку з цим модернізація агрегатів для приготування робочих рідин є одним із найперспективніших напрямів удосконалення технології хімічного захисту польових культур. Такі машини повинні відповідати вимогам автоматизації, сумісності з сучасними засобами захисту, безпеки для оператора та можливості інтеграції з цифровими системами обліку й контролю.

Сучасне землеробство все активніше переходить від «усереднених» схем до керування технологією на основі даних. Це означає, що рішення щодо удобрення, захисту, строків сівби, густоти посіву та навіть способу приготування робочих рідин мають прийматися з урахуванням ґрунтової неоднорідності, супутникового моніторингу, дрон-знімання, карт урожайності та результатів польової діагностики. Точне землеробство дозволяє не тільки підвищити врожайність, а й оптимізувати витрати добрив, пестицидів, пального та води. За сучасними дослідженнями, саме диференційовані технології живлення і захисту формують основу сталого виробництва зерна, оскільки забезпечують кращу відповідність між потребами рослин і фактичним внесенням ресурсів. Для озимої пшениці це особливо важливо, адже культура дуже чутлива до порушення балансу живлення, стресових чинників та фітосанітарного стану посіву.

Отже, сучасна технологія вирощування озимої пшениці ґрунтується на поєднанні класичних агроприйомів із новітніми ресурсозберігаючими та цифровими рішеннями. Її ефективність визначається не окремою операцією, а комплексом взаємопов'язаних факторів: якістю попередника, своєчасністю обробітку ґрунту, раціональною системою удобрення, правильною сівбою, інтегрованим захистом і технічно досконалою організацією приготування та внесення робочих рідин. Саме тому модернізація агрегату для приготування робочих рідин є логічним і необхідним елементом удосконалення всієї

технології хімічного захисту польових культур, що дозволяє підвищити ефективність обробок, зменшити витрати препаратів і забезпечити більш стабільну реалізацію потенціалу урожайності озимої пшениці.

## **1.2 Система удобрення при вирощуванні озимої пшениці**

Раціональна система удобрення є одним із визначальних факторів формування високої та стабільної врожайності озимої пшениці. У сучасному інтенсивному землеробстві вона базується на поєднанні кількох способів внесення мінеральних добрив, які забезпечують оптимальне живлення рослин протягом усього періоду вегетації. Найбільшого поширення набули три основні способи внесення: основне, передпосівне та підживлення.

Основну частину добрив, яка становить понад 2/3 загальної норми, вносять під час основного обробітку ґрунту. Вибір конкретної технології внесення залежить від забезпеченості господарства технічними засобами, відстані транспортування добрив до полів, а також від запланованих доз внесення. При цьому застосовують переважно прямоточну або перевантажувальну схеми роботи агрегатів. Натомість перевалочна технологія в сучасних умовах практично не використовується, що пояснюється погіршенням фізико-механічних властивостей добрив під час зберігання, зростанням втрат та значними витратами ручної праці під час вантажно-розвантажувальних операцій.

Прямоточна технологія передбачає організацію процесу за схемою «склад – машина для внесення – поле». У цьому випадку добрива завантажують на складі за допомогою навантажувачів у кузов розкидача, який одночасно виконує функції транспортування та внесення по поверхні ґрунту. Такий підхід є економічно доцільним, оскільки скорочує кількість операцій, зменшує втрати добрив і ліквідує необхідність використання додаткових транспортних

одиниць. Окрім цього, знижується простоювання агрегатів через організаційні причини, що позитивно впливає на загальну продуктивність технологічного процесу.

Ефективність внесення мінеральних добрив значною мірою залежить від дотримання агротехнічних вимог. Добрива повинні вноситися у встановлені строки, з урахуванням оптимальних норм, визначених агрохімічними лабораторіями окремо для кожного поля. Розрахунок доз базується на плановій урожайності, родючості ґрунту та наявності елементів живлення. При цьому важливо забезпечити рівномірне розподілення добрив по поверхні поля, оскільки це безпосередньо впливає на однорідність розвитку рослин.

Допустима нерівномірність розподілення добрив при поверхневому внесенні не повинна перевищувати 25 % для кузовних машин і 15 % для тукових сівалок. При роботі агрегатів необхідно дотримуватися відповідності між шириною проходу і робочою шириною захвату. Перекриття суміжних проходів не повинно перевищувати 5 % від ширини захвату машини, а пропуски або необроблені ділянки поля є недопустимими.

Для основного внесення мінеральних добрив застосовують такі машини, як МВУ-16, РМУ-5, МВУ-8, 1РМГ-4, які забезпечують необхідну продуктивність і рівномірність розсіювання.

Основні параметри машин для внесення мінеральних добрив

Таблиця 1.1 – Основні параметри машин

Параметри	1РМГ-4	МВУ-8	ССТ-10	МХА-7
Порції внесення, кг/га	100...3000	200...1500	100...2000	100...3500
Робоча ширина, м	8...12	8...20	10...15	10...22

Наведені дані свідчать про те, що сучасні машини дозволяють варіювати норми внесення в досить широких межах, що дає змогу адаптувати технологію до конкретних умов вирощування.

Комплекс машин, який використовується при різних технологічних схемах внесення мінеральних добрив, має свої особливості.

Комплекс машин для внесення добрив.

Прямоточна схема:

Навантаження: ПЕ-0.8, ПЕА-1.0, ПГ-0.2.

Транспортування і внесення: 1РМГ-4, ССТ-10, МВУ-8, МХА-7.

Перевантажувальна схема:

Навантаження: ПЕ-0.8, ПЕА-1.0, ПГ-0.2.

Транспортування і перевантаження: ММЗ-554, САЗ, ЗСВУ-3.

Внесення: ССТ-10, МВУ-8, НРУ-0,5.

Застосування тієї чи іншої технологічної схеми доцільне залежно від розміщення складів і виробничих умов господарства. Найбільш ефективною вважається прямоточна схема за умови, що відстань від складу до поля не перевищує радіусу її економічної доцільності.

Практикою встановлено, що при віддаленості полів до 5 км застосування прямоточної технології є найбільш раціональним. У цьому випадку забезпечується мінімізація витрат часу на транспортування і підвищується загальна продуктивність агрегатів.

З аналізу наведених даних видно, що зі збільшенням норми внесення ефективний радіус використання машин зменшується. Це пов'язано зі зростанням витрат часу на завантаження та розвантаження, а також зі зниженням продуктивності агрегатів у процесі роботи.

Таблиця 1.2 – Радіуси ефективного застосування (км)

Доза, т/га	1РМГ-4, МВУ-5, ССТ-10	МВУ-8	МВУ-16	КСА-3	МХА-7
0,2	6,0	10,2	16,6	41,0	45,0
0,3	4,4	7,1	12,0	29,0	37,6
0,4	3,4	6,1	11,3	24,0	31,3
0,5	2,0	5,0	10,0	20,0	26,5
0,6	2,7	4,2	9,7	18,0	22,7
0,7	2,4	3,9	9,3	16,0	20,5
0,8	2,3	3,28	8,8	15,0	18,4
0,9	2,2	3,1	7,4	14,0	17,0
1,0	2,2	2,9	4,9	13,0	15,9
1,1	1,9	2,85	5,3	12,5	15,0
1,2	1,85	2,8	3,8	12,0	14,4
1,3	1,75	2,75	3,2	11,5	14,0
1,4	1,65	2,7	3,0	11,0	13,3
1,5	1,6	2,7	2,9	10,9	13,1

Отже, система удобрення озимої пшениці в сучасних умовах повинна ґрунтуватися на оптимальному поєднанні різних способів внесення добрив, використанні ефективних машин і дотриманні чітких агротехнічних вимог. Важливу роль відіграє правильний вибір технологічної схеми, який дозволяє мінімізувати витрати ресурсів і забезпечити рівномірне живлення рослин. Раціональне застосування технічних засобів, зокрема таких як 1РМГ-4, МВУ-8, МВУ-16, ССТ-10, забезпечує високу продуктивність і якість виконання робіт, що є важливою передумовою формування високого врожаю озимої пшениці.

### 1.3 Основний обробіток ґрунту під озиму пшеницю

Основний обробіток ґрунту є одним із базових етапів технології вирощування озимої пшениці, від якого залежить накопичення вологи, стан ґрунтової структури, рівень забур'яненості та, зрештою, формування майбутнього врожаю. Його виконання починається одразу після збирання попередника, оскільки затримка призводить до втрат ґрунтової вологи та погіршення умов для підготовки посівного ложа. Тому луцення або дискування поля необхідно проводити одночасно із збиранням або не пізніше ніж через 2–3 дні після нього.

Обробіток поверхні поля здійснюють дисковими луцильниками на глибину 6–8 см. У випадках значної забур'яненості, а також за наявності щільного або пересушеного верхнього шару ґрунту, глибину обробітку доцільно збільшувати до 10–14 см із застосуванням важких дискових борін. Такі знаряддя також ефективні на важких ґрунтах, при обробітку дернини після багаторічних трав або при заробці рослинних решток однорічних культур.

Якість виконання дискового обробітку визначається дотриманням встановлених агротехнічних вимог. Відхилення фактичної глибини від заданої не повинно перевищувати  $\pm 10\%$ , при цьому бур'яни мають бути повністю підрізані. Використання дискових луцильників дозволяє досягти дрібногрудкуватої структури ґрунту без надмірного розпилення, що сприяє збереженню вологи та покращенню умов для мікробіологічних процесів. У процесі роботи важливо забезпечити перекриття суміжних проходів агрегату в межах 15–20 см, щоб уникнути необроблених ділянок.

На великих площах доцільно застосовувати широкозахватні агрегати для луцення, які забезпечують високу продуктивність, тоді як на невеликих полях раціонально використовувати навісні знаряддя меншого захвату. Робочі параметри дискових луцильників, зокрема кут атаки батарей, регулюють залежно від умов роботи; як правило, він може досягати  $35^\circ$ , що забезпечує

необхідне заглиблення та інтенсивність обробітку.

Організація руху агрегатів під час луцення також має важливе значення. Для лемішних луцильників на довгих гонах ефективним є петльовий спосіб з чергуванням загінок, тоді як для дискових агрегатів найчастіше застосовується човниковий спосіб руху. Правильний вибір способу дозволяє зменшити втрати часу на розвороти, підвищити продуктивність і забезпечити рівномірність обробітку.

Порівняльна оцінка ефективності використання різних машинно-тракторних агрегатів при дискуванні та луценні свідчить про значні відмінності у витратах ресурсів.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники ефективності агрегатів

Склад агрегату	Витрати палива, кг/га	Витрати часу, год/га	Продуктивність, га/год	Прямі витрати, грн/га
К-701+БД-10	16,13	0,42	2,36	4,26
Т-150+БДТ-7	13,23	0,53	1,74	3,68
Т-150+БДТ-7	14,73	0,6	1,66	3,96
МТЗ-80+БДТ-7	12,08	1,24	0,81	3,94
К-701+ЛДГ-20	9,7	0,18	5,56	1,95
Т-150+ЛДГ-15	7,45	0,23	4,38	1,51
Т-150К+ЛДГ-15	8,33	0,24	4,15	1,63
Т-150+ЛДГ-10	9,43	0,33	3,01	2,00
Т-150К+ЛДГ-10	10,44	0,35	2,85	2,16

Аналіз наведених показників свідчить, що найбільш ефективними за сукупністю техніко-економічних показників є агрегати Т-150 + БДТ-7 та Т-150 + ЛДГ-15. Їх використання дозволяє суттєво знизити витрати пального,

робочого часу та прямих експлуатаційних затрат, що безпосередньо впливає на зменшення собівартості вирощування озимої пшениці.

Після виконання поверхневого обробітку переходять до основного – оранки. Вона проводиться на глибину 18–22 см і забезпечує заробку рослинних решток, добрив і знищення бур'янів. Якість оранки оцінюється за низкою агротехнічних показників: допустиме відхилення глибини не більше 1–2 см, відсутність розривів між проходами плуга, рівномірність обробітку без утворення глибоких пустот і надмірних гребенів. Висота гребенів після оранки повинна знаходитися в межах 3–6 см, що сприяє кращому вирівнюванню поля під час передпосівного обробітку. При цьому бур'яни та внесені добрива мають бути повністю зароблені в ґрунт.

Під час виконання оранки використовують різні способи руху агрегатів, зокрема гонові – петльові та безпетльові. У деяких випадках застосовують і круговий спосіб, при якому розвороти здійснюються по замкненій траєкторії. Серед петльових способів найбільш поширеним є варіант із чергуванням заїнок. Суть його полягає в тому, що спочатку обробляють першу і третю заїнки «в звал», після чого другу – «в розвал», і так далі. Такий підхід дозволяє рівномірно розподілити ґрунт і уникнути утворення надлишкових гребенів.

Перед початком роботи поле необхідно правильно розбити на заїнки та визначити поворотні смуги. Для цього від поперечних меж поля в кількох місцях відкладають відстань, рівну ширині поворотної смуги, і встановлюють орієнтири. Перші два проходи агрегату виконують таким чином, щоб перший корпус плуга працював на половину заданої глибини, а останній – на повну. Це дозволяє правильно сформувати початкову борозну та забезпечити рівномірність наступних проходів. Після цього здійснюють обробіток поворотних смуг.

Таким чином, основний обробіток ґрунту при вирощуванні озимої пшениці є комплексною операцією, що поєднує послідовність технологічних прийомів – від луцення до глибокої оранки. Раціональний вибір машинно-тракторних агрегатів, зокрема таких як Т-150 + БДТ-7 або Т-150 + ЛДГ-15, а

також чітке дотримання агротехнічних вимог дозволяють забезпечити високу якість обробітку, знизити витрати ресурсів і створити оптимальні умови для росту і розвитку озимої пшениці.

#### **1.4 Передпосівний обробіток ґрунту**

Передпосівний обробіток ґрунту є завершальним етапом підготовки поля перед сівбою озимої пшениці і має вирішальне значення для створення оптимальних умов проростання насіння та формування дружних сходів. Основною метою цього технологічного прийому є формування дрібногрудкуватої структури ґрунту, вирівнювання поверхні поля та забезпечення рівномірного посівного ложа.

Передпосівну підготовку виконують, як правило, під кутом до напрямку основного обробітку, що дозволяє досягти кращого вирівнювання поверхні та більш рівномірного розпушення орного шару. Для цього використовують культиватори з плоскорізальними робочими органами, зокрема КПШ-5, КПШ-9, КПС-4, агреговані з боронами, шлейфами або котками. Глибина культивації зазвичай становить 5–6 см, що відповідає глибині загортання насіння та забезпечує оптимальний контакт насіння з ґрунтом.

Якісно підготовлене поле повинно мати вирівняну поверхню та у верхньому шарі ґрунту дрібні грудочки розміром 1–5 см. Відхилення глибини обробітку від заданої не допускається більше ніж на  $\pm 1$  см. Для забезпечення рівномірності обробітку необхідно дотримуватися перекриття суміжних проходів агрегату в межах 15–20 см. Робоча швидкість агрегатів при культивації знаходиться в межах 5–11 км/год, що дозволяє поєднати високу продуктивність із належною якістю виконання операції. При цьому висота гребенів і глибина борозен після обробітку не повинна перевищувати 4 см.

З метою досягнення максимально рівної поверхні поля культиватори зазвичай агрегують із легкими посівними або середніми зубовими боронами.

Після завершення обробітку основної частини поля окремо виконують обробіток поворотних смуг, що забезпечує повноту технологічної операції.

Важливими складовими передпосівного обробітку є також боронування і прикочування ґрунту. Під час боронування необхідно забезпечити рівномірне розпушення поверхні на глибину 5–8 см із руйнуванням великих грудок. Після проходу борін розмір ґрунтових агрегатів не повинен перевищувати 5 см за нормальної вологості, а висота гребенів допускається до 3 см. Водночас слід уникати виконання робіт за надмірної або недостатньої вологості ґрунту: на перезволожених ділянках не допускається надмірне ущільнення катками, тоді як пересушений ґрунт не забезпечує якісного розпушення.

Прикочування застосовують для ущільнення верхнього шару ґрунту та покращення контакту насіння з ґрунтом. За оптимальної вологості розмір грудок після коткування повинен становити не більше 2–3 см. Агрегаткування борін і котків здійснюють відповідно до загальних правил комплектування машинно-тракторних агрегатів.

Орієнтовні склади боронувальних агрегатів наведено в таблиці.

Таблиця 1.4 – Склад боронувальних агрегатів

Марка трактора	Марка зчіпки	Число борін	Вид боронування	Приєднання борін
Т-150, Т-150К	СП-21	21	Одношар.	Особисте
Т-150, Т-150К	СП-16	16	Одношар.	трьохланкове
Т-150, Т-150К	СП-16	32	Одношар.	трьохланкове
Т-150, Т-150К	СП-16	21	Одношар.	трьохланкове
Т-150, Т-150К	СП-11	24–30	Одношар.	трьохланкове
Т-150, Т-150К	СП-16	24–30	Одношар.	трьохланкове
МТЗ-80	СП-11	12	Одношар.	трьохланкове

Режим роботи машинно-тракторних агрегатів визначається з урахуванням фізико-механічних властивостей ґрунту, передусім його питомого опору. Робоча швидкість повинна відповідати агротехнічним вимогам, забезпечуючи належну якість обробітку. У разі недостатнього навантаження двигуна доцільно

переходити на вищу передачу при зниженій швидкості руху агрегату.

Економічна ефективність використання різних культиваторних агрегатів може суттєво відрізнятись залежно від їх складу та технічних характеристик, що підтверджується відповідними розрахунками.

Таблиця 1.5 – Порівняльні показники ефективності культиваторних агрегатів

Склад агрегату	Витрати палива, кг/га	Витрати часу, год/га	Продуктивність, га/год	Прямі витрати, грн/га
К-701+КШУ-18	6,15	0,10	9,54	1,46
Т-150+КШУ-12	4,94	0,13	7,51	1,24
Т-150К+КШУ-12	5,67	0,15	6,64	1,41
МТЗ-80+КШУ-6	5,72	0,29	3,44	1,57

Порівняння показників свідчить, що найбільш економічно вигідним є агрегат у складі Т-150 + КШУ-12, який характеризується найменшими витратами пального та найнижчими прямими експлуатаційними витратами при достатньо високій продуктивності.

Отже, передпосівний обробіток ґрунту є складним і відповідальним технологічним процесом, що потребує суворого дотримання агротехнічних параметрів і раціонального використання машинно-тракторних агрегатів. Використання сучасних культиваторів і правильна організація робіт дозволяють створити оптимальні умови для сівби та забезпечити рівномірне проростання озимої пшениці.

## 1.5 Підготовка насіння та сівба озимої пшениці

Підготовка насіння і проведення сівби є одним із найвідповідальніших етапів технології вирощування озимої пшениці, оскільки саме на цьому етапі закладається потенціал майбутнього врожаю. Для сівби використовують лише кондиційне насіння, яке за посівними якостями відповідає встановленим стандартам і характеризується високою схожістю, енергією проростання, чистотою та вирівняністю фракцій. Важливим елементом підготовки є протруювання насіння, що дозволяє захистити сходи від ґрунтових інфекцій та шкідників на початкових етапах росту.

Норма висіву визначається з урахуванням необхідності сформувати до збирання оптимальну густоту стояння – 500–600 продуктивних рослин на 1 м<sup>2</sup>. При цьому враховують біологічні особливості сорту, строки сівби, рівень родючості ґрунту та вологозабезпечення. Надмірне загушення посівів може призвести до вилягання та ураження хворобами, тоді як зменшення норми висіву негативно впливає на формування врожаю через недостатню кількість продуктивних стебел.

Вагоме значення мають строки сівби. Відхилення від оптимальних строків, як у бік ранніх, так і пізніх посівів, призводить до істотного зниження врожайності. При ранній сівбі рослини інтенсивно розвиваються, утворюють надмірну вегетативну масу, швидко виснажують запаси поживних речовин і стають більш вразливими до ураження грибковими хворобами. Крім того, такі посіви мають знижену зимостійкість. Запізнення із сівбою, навпаки, призводить до недостатнього розвитку рослин перед входженням у зиму, що знижує їх життєздатність і негативно впливає на перезимівлю.

Однією з ключових агротехнічних вимог до проведення сівби є забезпечення рівномірного загортання насіння у вертикальній площині. Це означає, що насіння повинно розміщуватись у ґрунті на однаковій глибині, що створює передумови для одночасного проростання і формування рівномірного стеблостою. Глибина загортання залежить від низки факторів: вологості та

механічного складу ґрунту, його фізичних властивостей, розміру насіння та біологічних особливостей культури.

Загалом глибина загортання насіння озимої пшениці коливається в межах 4–10 см. На важких і добре зволжених ґрунтах вона становить 4–5 см, на середньосуглинистих – 5–6 см, а на легких супіщаних і піщаних ґрунтах – 6–7 см. У разі посушливих умов або пересихання поверхневого шару ґрунту глибину висіву збільшують до 9–10 см, що дозволяє розмістити насіння у вологішому шарі. Водночас за наявності достатньої вологи перевагу надають мілкішому загортанню, оскільки це сприяє швидкому проростанню, дружним сходам, кращому куццю і формуванню потужної кореневої системи. У випадку незначного пересушування ґрунту оптимальною є глибина 6–7 см, перевищувати яку недоцільно.

Важливою складовою сучасної технології сівби є використання постійної технологічної колії, яка формується безпосередньо під час висіву. Вона призначена для подальшого проходу машин при внесенні мінеральних добрив і обробці посівів засобами захисту рослин у період вегетації. Наявність технологічної колії значно покращує якість агрохімічних заходів, зменшує пошкодження рослин та підвищує точність внесення препаратів.

Формування технологічної колії шириною 1800 мм із двома незасіяними смугами по 450 мм здійснюється при використанні гусеничних тракторів ДТ-75М у складі агрегату з трьома сівалками СЗ-3,6 або СЗП-3,6, з'єднаними зчіпками СП-11 або СП-16. Для створення таких смуг у середній сівалці відключають окремі висівні апарати, зокрема 6-й, 7-й та 18-й, 19-й. Відстань між технологічними коліями при цьому становить 10,8 м, що відповідає параметрам роботи таких агрегатів, як розкидачі мінеральних добрив 1РМГ-4, РУМ-5-03 та обприскувачі ПОМ-630, ОПШ-15.

У світовій практиці існують різні варіанти формування технологічної колії. Наприклад, у країнах Європи, зокрема в Німеччині, широко застосовується схема із залишенням однієї незасіяної смуги шириною близько 350 мм на кожну ширину захвату агрегату для догляду за посівами. Українські

наукові установи, зокрема Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, пропонують альтернативний підхід – формування однієї маркерної колії шляхом відключення одного (18-го) сошника в середній сівалці при використанні трисекційного агрегату.

Застосування технологічної колії потребує врахування рельєфу місцевості. Для запобігання водній ерозії посіви з технологічними коліями доцільно розміщувати переважно на рівних ділянках. На схилах до 3° колії розміщують поперек схилу, що сприяє зменшенню поверхневого стоку води. На складному рельєфі від їх використання іноді відмовляються.

З метою покращення водного режиму та запобігання негативним явищам у зимовий період, таким як утворення льодової кірки та вимокання рослин, застосовують щільовання посівів. Цей агротехнічний прийом дозволяє зменшити поверхневий стік, підвищити інфільтрацію води та накопичення вологи в ґрунті. Для його виконання використовують щілинорізи ЩП-3-70 та ЩН-2-140.

Весняний догляд за посівами спрямований на активізацію росту рослин і включає азотне підживлення відповідно до фаз розвитку озимої пшениці. Одночасно проводять комплекс заходів із захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб, що дозволяє забезпечити оптимальні умови для формування врожаю високої якості.

Отже, правильна підготовка насіння і дотримання оптимальних параметрів сівби є основою формування високопродуктивних посівів озимої пшениці. Використання сучасних технічних засобів і технологічних рішень, зокрема таких як ДТ-75М, СЗ-3,6, СЗП-3,6, СП-11, СП-16, 1РМГ-4, ОПШ-15, забезпечує високу точність виконання технологічного процесу і сприяє підвищенню ефективності виробництва.

## 1.6 Збирання озимої пшениці

Збирання озимої пшениці є завершальним і надзвичайно відповідальним етапом технологічного процесу, від якого безпосередньо залежать як кількісні, так і якісні показники отриманого врожаю. На практиці застосовують два основні способи збирання: роздільний (двохфазний) та пряме комбайнування (однофазний). Вибір способу визначається комплексом факторів, зокрема наявністю технічного забезпечення господарства, рівнем урожайності, біологічними особливостями сорту, станом посівів, погодними умовами в період досягання та іншими виробничими обставинами.

Правильне визначення строків і способу збирання має вирішальне значення, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до значних втрат зерна. Особливо це актуально в умовах високої урожайності, коли навантаження на збиральну техніку зростає, а втрати при несвоєчасному обмолоті можуть бути суттєвими. Тому збирання необхідно організовувати чітко і виконувати у біологічно обґрунтовані строки, які зазвичай становлять 10–12 днів. Найбільш ефективним є раціональне поєднання обох способів, що дозволяє мінімізувати втрати та забезпечити стабільну якість продукції.

Найвищий біологічний урожай зерна з максимальними показниками якості формується у фазі середини та кінця воскової стиглості, коли вологість зерна становить 30–20 %. Саме цей період тривалістю 5–7 днів вважається оптимальним для застосування роздільного способу збирання. За цієї технології спочатку здійснюють скошування хлібної маси у валки, де вона підсушується, а потім виконують підбирання та обмолот.

У фазі повної стиглості, коли вологість зерна знижується до 20–15 %, також спостерігається високий рівень урожайності та якості. Перші 5–6 днів після досягнення повної стиглості є найбільш сприятливими для прямого комбайнування, коли збирання здійснюється без попереднього формування валків. Цей спосіб дозволяє скоротити строки виконання робіт і зменшити витрати праці, однак вимагає добре вирівняних та рівномірно достиглих

посівів.

Передчасне збирання або його запізнення негативно позначається на результатах виробництва. Якщо пшеницю збирають раніше оптимальних строків, зерно має підвищену вологість і нижчі якісні показники. У разі запізнення, коли рослини перестоюють на корені або валки тривалий час залишаються без обмолоту, зростають втрати від осипання, погіршується натура та посівні якості зерна.

Перед початком збиральних робіт особливу увагу приділяють підготовці техніки. Комбайни ретельно регулюють, зокрема налаштовують молотильні та сепаруючі органи таким чином, щоб уникнути подрібнення і травмування зерна. Перевіряють герметичність зернозбиральних комбайнів і транспортних засобів, що дозволяє запобігти втратам під час транспортування. За 2–3 дні до початку збирання проводять контрольний обмолот, за результатами якого уточнюють величину біологічного врожаю та оцінюють якість зерна (скловидність, вміст і якість клейковини).

Збиральні роботи починають із обкосів поля на ширину 25–30 м від його меж, після чого площу розбивають на загінки, що забезпечує раціональну організацію руху агрегатів і зменшення непродуктивних витрат часу.

Для скошування хлібної маси у валки застосовують різні типи жаток, серед яких ЖВН-6А, ЖВС-6,0, ЖНС-6-12, ЖВР-10, ЖРС-4,9А. Вибір конкретної моделі залежить від урожайності та стану посівів. Так, при наявності комбайнів СК-5, СКД-5 жатку ЖРС-4,9А доцільно використовувати при урожайності понад 4 т/га, де робоча швидкість агрегату становить 1–1,5 м/с. Жатки ЖВС-6,0, ЖВН-6А та ЖНС-6-12, які формують одинарні валки, ефективні при урожайності 3 т/га і більше, забезпечуючи оптимальне завантаження комбайна.

За умов нижчої урожайності (менше 3 т/га) доцільно використовувати жатку ЖНС-6-12, яка формує валки шириною до 12 м, а також жатку ЖВР-10, здатну укладати валки шириною 10 або 20 м. При цьому жатка ЖНС-6-12 може формувати як одинарні, так і здвоєні валки за схемами «валок до валка» або

«валок на валок». Перша схема застосовується при врожайності 2–3 т/га, тоді як друга – при врожайності менше 2 т/га. В останньому випадку ступінь перекриття валків збільшується відповідно до зниження врожайності.

Важливим елементом організації роботи є правильний вибір ширини захвату жатки комбайна. Вона повинна забезпечувати повне завантаження молотильного апарата при робочій швидкості 3–4 км/год. За таких умов досягається підвищення продуктивності агрегату за рахунок збільшення коефіцієнта використання робочого часу, зниження енерговитрат на рух та покращення якості обмолоту. Крім того, оптимальні режими роботи сприяють зменшенню втрат зерна та створюють кращі умови праці для механізаторів.

Отже, збирання озимої пшениці є складним технологічним процесом, що потребує чіткої організації, правильного вибору способу та дотримання оптимальних строків. Використання відповідних машин і агрегатів, таких як СК-5, СКД-5, ЖВН-6А, ЖНС-6-12, ЖВР-10, дозволяє забезпечити мінімальні втрати та отримати високоякісне зерно, що є кінцевою метою всього процесу вирощування цієї культури.

## **2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ**

### **2.1 Обґрунтування кількості технічних засобів для вирощування озимої пшениці**

Технологічна карта вирощування сільськогосподарської культури є одним із ключових організаційно-технологічних документів, який визначає повну систему виконання робіт у конкретному господарстві. Вона відображає послідовність технологічних операцій, потребу в ресурсах, технічному забезпеченні та дає можливість обґрунтувати вибір машинно-тракторного парку. У даній роботі розроблено технологічну карту вирощування озимої пшениці (представлена у графічній частині проєкту), яка охоплює весь цикл робіт – від підготовки ґрунту до збирання врожаю.

Структурно технологічна карта складається з кількох основних блоків. Перший – агрономічний, у якому зазначаються назви технологічних операцій, їх обсяг, строки початку та тривалість виконання. Цей розділ дозволяє узгодити проведення всіх агрозаходів із біологічними особливостями культури та погодними умовами. Другий блок – технічний, який охоплює перелік машин і агрегатів, необхідних для виконання кожної операції, а також нормативні показники їх роботи, зокрема змінну норму виробітку та витрати пального. Третій блок – ресурсний, де визначається потреба у технічних засобах, кількість обслуговуючого персоналу та необхідна кількість робочих днів.

Перед розробкою технологічної карти було проведено аналіз виробничих умов господарства, що є обов'язковим етапом обґрунтування технології. При цьому враховувалися агрокліматичні особливості зони, типи ґрунтів і їхній питомий опір, конфігурація полів, довжина гонів, рельєф місцевості, а також рівень технічного забезпечення. Усі ці фактори безпосередньо впливають на вибір способів виконання робіт, тип машин та організацію виробничого процесу.

У процесі складання карти використовувалися вихідні дані, які характеризують умови вирощування культури, зокрема: назва культури та попередника, площа посіву, яка становить 600 га, рівень запланованої врожайності основної та побічної продукції, норми висіву насіння, витрати пестицидів, дози внесення мінеральних добрив. Окрім цього, враховувалися відстані транспортування матеріальних ресурсів (насіння, добрив, засобів захисту рослин), а також перевезення зернової продукції після збирання.

Технологічні операції в карті розміщені у строгій послідовності їх виконання. Для зручності планування роботи вони об'єднані у технологічні цикли: основний обробіток ґрунту, передпосівна підготовка, сівба, догляд за посівами, збирання врожаю. Такий підхід дає змогу врахувати взаємозв'язок між операціями та чітко дотримуватись установлених агротехнічних строків.

Розрахунок показників технологічної карти дозволяє оцінити загальну потребу господарства в енергетичних та трудових ресурсах. Зокрема, для вирощування озимої пшениці на площі 600 га необхідно 40354 л дизельного палива та 2880 л бензину. Значна частина витрат припадає на проведення весняно-літніх заходів догляду за посівами. Так, у період з березня по липень витрати дизельного палива становлять відповідно:

березень – 2664 л,

квітень – 780 л,

травень – 2652 л,

липень – 780 л.

Окремо слід відзначити витрати під час збирання врожаю, яке проводиться переважно в липні. У цей період споживання пального досягає 9900 л дизельного палива та 2880 л бензину, що пояснюється високою енергоємністю збиральних процесів та використанням зернозбиральної техніки і транспортних засобів.

Найбільш енерговитратним етапом технології є основний обробіток ґрунту, який включає луцення, дискування та оранку. Для виконання цього комплексу робіт у серпні необхідно близько 16230 л палива, що становить

значну частку загального балансу витрат. Це пояснюється великою глибиною обробітку та значним тяговим опором ґрунту, що зумовлює використання потужних тракторів.

На проведення передпосівного обробітку ґрунту та сівби, які виконуються у вересні, витрати палива становлять 5140 л дизельного палива. Хоча ці роботи виконуються з меншою глибиною обробітку, їх значний обсяг і необхідність високої якості виконання визначають помітний рівень енергоспоживання.

Таким чином, технологічна карта не лише відображає послідовність виконання робіт, а й дозволяє обґрунтувати вибір машинного парку, визначити потребу в ресурсах і оцінити економічну ефективність вирощування озимої пшениці. Аналіз витрат свідчить, що найбільшу увагу при оптимізації технології слід приділяти енергомістким процесам, насамперед основному обробітку ґрунту та збиранню врожаю. Раціональний підбір машин і організація робіт дають змогу суттєво знизити витрати та підвищити ефективність виробництва в цілому.

Обґрунтування необхідної кількості технічних засобів для вирощування озимої пшениці здійснюється на основі аналізу завантаження машинно-тракторного парку протягом усього виробничого циклу. Найбільш наочним і обґрунтованим методом такого аналізу є побудова графіків використання тракторів та сільськогосподарських машин, які дозволяють оцінити потребу в техніці в різні періоди виконання польових робіт.

Під час побудови графіка використання тракторів по осі абсцис відкладають календарні строки виконання механізованих робіт, а по осі ординат – кількість тракторів відповідних марок, яка визначена розрахунковим шляхом. Кожна технологічна операція відображається на графіку у вигляді прямокутника: його довжина відповідає тривалості виконання роботи в днях, а висота – кількості тракторів, що залучаються до її виконання. Такий підхід дозволяє чітко візуалізувати розподіл техніки в часі (див. аркуш 4 графічної частини проекту).

Для зручності аналізу всі марки тракторів зображують на єдиній календарній шкалі. У випадках, коли виконання кількох операцій збігається за часом, відповідні прямокутники розташовують один над одним. Сумарна висота таких накладених прямокутників відображає загальну кількість тракторів, що одночасно необхідна для виконання запланованого комплексу робіт у конкретний період. Кожна операція на графіку має свій умовний номер, який проставляється на відповідному елементі, що дозволяє легко співвіднести її з технологічною картою.

Побудова такого графіка має важливе практичне значення. Вона дає змогу не лише визначити раціональний склад машинно-тракторного парку, а й оцінити рівень його завантаження протягом року. Крім того, ще на стадії планування можна виявити «пікові» періоди, коли потреба в техніці різко зростає, а також своєчасно скоригувати розподіл машин між операціями чи оптимізувати строки виконання робіт. Це дозволяє уникнути простоїв техніки або, навпаки, дефіциту машин та механізаторів.

За результатами побудови графіка використання тракторів встановлено, що для ефективного виконання всього комплексу робіт при вирощуванні озимої пшениці на площі 600 га господарству необхідно мати такий парк енергетичних засобів:

- 2 трактори Т-150,
- 4 трактори МТЗ-80,
- 6 тракторів ЮМЗ-6,
- 2 трактори Т-150К,
- 1 трактор Т-25.

Такий розподіл забезпечує своєчасне виконання всіх операцій із дотриманням агротехнічних вимог та оптимальне використання наявної техніки.

Після визначення потреби в тракторах аналогічним методом виконують побудову графіка використання сільськогосподарських машин. У цьому випадку по осі абсцис відкладається календарний період виконання робіт, а по

осі ординат – типи та марки машин із зазначенням їх кількості. Використання кожної машини на певній операції відображається у вигляді горизонтальної лінії, довжина якої відповідає тривалості виконання операції. Над лінією вказують кількість машин, задіяних у роботі, а під нею – номер операції відповідно до технологічної карти.

Аналіз такого графіка дозволяє визначити максимальну одночасну потребу в техніці кожного виду. Саме це значення приймається за розрахункову кількість машин, необхідних для господарства. Отримані результати узагальнені в таблиці.

Таблиця 2.1 – Потреба в сільськогосподарських машинах

Найменування машини	Потреба, шт.	Найменування машини	Потреба, шт.
Луцильник ЛДГ-15	1	Розкидач добрив МВУ-5	3
Борона дискова БДТ-7	2	Комбінований агрегат РВК-5,4	1
Оприскувач ОП-2000	2	Навантажувач фронтальний ПФ-0,5	2
Щілиноріз ЩП-3-70	1	Сівалка СЗ-3,6	3
Зчіпка СП-11	1	Навантажувач ПГ-0,2	1
Плуг ПЛН-5-35	2	Завантажувач БЗУ-6 (2ПТС-6)	1
Зернозбиральний комбайн КЗС-9	3	Скиртувальний агрегат УСА-10	2
Причеп 2ПТС-6-887Б	5	Жатка ЖВС-6	1

Наведений склад машин забезпечує виконання всіх технологічних операцій у встановлені строки та з дотриманням агротехнічних вимог. Зокрема, наявність трьох зернозбиральних комбайнів КЗС-9 дозволяє вчасно провести збирання врожаю в оптимальні строки, що є критично важливим для збереження якості зерна. Використання достатньої кількості транспортних засобів (причепів 2ПТС-6-887Б) забезпечує безперебійне вивезення продукції з

поля.

Таким чином, визначення потреби в машинах на основі графіків їх використання є важливим етапом обґрунтування технології вирощування озимої пшениці. Воно дозволяє сформулювати оптимальний склад машинно-тракторного парку, забезпечити рівномірне завантаження техніки, знизити виробничі витрати та підвищити ефективність аграрного виробництва в цілому.

## **2.2 Роль хімічного захисту при вирощуванні озимої пшениці**

Озима пшениця є однією з найважливіших зернових культур в Україні та світі, і її продуктивність значною мірою залежить від ефективності системи захисту рослин. У сучасних умовах інтенсифікації землеробства, зміни клімату та зростання фітосанітарного навантаження особливого значення набуває саме хімічний захист, який виступає невід'ємною складовою загальної технології вирощування. Він відіграє ключову роль у забезпеченні стабільної врожайності, високої якості зерна та економічної ефективності виробництва.

Однією з основних функцій хімічного захисту є мінімізація втрат урожаю, спричинених бур'янами, шкідниками та хворобами. За даними агрономічних досліджень, без належного захисту втрати зерна озимої пшениці можуть сягати 30–50 %, а в роки масового розвитку патогенів – навіть більше. Це пояснюється тим, що бур'яни конкурують із культурними рослинами за світло, воду та поживні речовини, тоді як хвороби і шкідники безпосередньо пошкоджують листовий апарат, колос і зерно, знижуючи фотосинтетичну діяльність і масу зернівок.

Хімічні засоби захисту рослин (гербіциди, фунгіциди та інсектициди) дозволяють ефективно контролювати ці шкідливі організми навіть при високому рівні їх розвитку. Завдяки цьому створюються оптимальні умови для росту і розвитку рослин озимої пшениці протягом усього вегетаційного періоду. Інтенсивні технології вирощування передбачають системне

застосування таких препаратів із урахуванням фаз розвитку культури, що дозволяє максимально реалізувати біологічний потенціал сучасних високопродуктивних сортів.

Особливу роль у технології вирощування озимої пшениці відіграє боротьба з бур'янами. У початкові фази розвитку культура є особливо чутливою до конкуренції за ресурси, що може призвести до зрідженості посівів і погіршення їх структури. Використання гербіцидів дає змогу ефективно очищати поля від однорічних і багаторічних бур'янів, що є передумовою формування високої урожайності.

Сучасні гербіциди характеризуються високою вибірковістю та дозволяють контролювати широкий спектр небажаної рослинності без шкоди для культури. Крім того, застосування системи інтегрованого захисту передбачає комбінування хімічних методів із агротехнічними прийомами, що знижує ризик розвитку резистентності у бур'янів і сприяє екологічній раціоналізації виробництва.

Хвороби є одним із найнебезпечніших факторів, що обмежують урожайність озимої пшениці. Борошниста роса, септоріоз, іржі та фузаріоз колоса можуть викликати значні втрати не лише кількості, а й якості зерна. Фунгіцидний захист дозволяє зберегти листковий апарат у фізіологічно активному стані, що безпосередньо впливає на процес фотосинтезу і накопичення пластичних речовин у зерні.

Особливо важливими є обробки у критичні фази розвитку рослин – вихід у трубку, прапорцевий листок та колосіння. У цей період формується основна частина урожаю, тому своєчасне внесення фунгіцидів забезпечує захист генеративних органів і підвищує масу тисячі зерен. У сучасних умовах активно впроваджується диференційований підхід до застосування фунгіцидів із використанням моніторингу стану посівів і прогнозування розвитку хвороб.

Шкідники озимої пшениці (злакові мухи, попелиці, трипси, клоп шкідлива черепашка) можуть завдавати значної шкоди посівам у різні періоди вегетації. Вони не лише пошкоджують рослини, а й можуть бути

переносниками вірусних захворювань. Використання інсектицидів дозволяє своєчасно знижувати чисельність шкідників до економічно безпечного рівня та запобігати масовому ураженню посівів.

Сучасна концепція передбачає застосування інсектицидів на основі економічного порогу шкодочинності, що дозволяє уникнути надмірного використання препаратів і знизити негативний вплив на корисну ентомофауну. Таким чином, хімічний захист інтегрується в загальну систему екологічно збалансованого землеробства.

У сучасному агровиробництві роль хімічного захисту значно розширюється завдяки впровадженню технологій точного землеробства. Використання GPS-навігації, датчиків стану посівів, супутникових знімків і дронів дозволяє проводити обприскування диференційовано, тобто лише в тих ділянках, де це необхідно. Це забезпечує економію пестицидів, підвищує ефективність обробок і зменшує навантаження на довкілля.

Крім того, важливою складовою є якість приготування робочих рідин. Від правильного дозування препаратів, їх рівномірного змішування та стабільності розчину залежить ефективність усієї системи захисту. Саме тому вдосконалення агрегатів для приготування робочих рідин є перспективним напрямом підвищення ефективності хімічного захисту рослин.

Відзначимо, що хімічний захист відіграє винятково важливу роль у технології вирощування озимої пшениці. Він забезпечує контроль над основними шкідливими організмами, сприяє формуванню високого врожаю та покращенню його якості. У сучасних умовах цей напрямок тісно поєднується з інноваційними технологіями, що дозволяє підвищити ефективність використання засобів захисту, зменшити витрати ресурсів і забезпечити екологічну сталість агровиробництва.

### 2.3 Агротехнічні вимоги до приготування та внесення робочих рідин пестицидів і гербіцидів

Ефективність застосування пестицидів і гербіцидів у значній мірі залежить від якості приготування робочих рідин і точності їх внесення. Важливою умовою є чітке дотримання заданої концентрації препарату. В процесі приготування і використання робочої рідини допустиме відхилення фактичної концентрації від розрахункової не повинно перевищувати  $\pm 5\%$ , причому ця вимога має витримуватись протягом усього циклу роботи – до повного використання рідини з резервуара.

Особливу увагу необхідно приділяти якості води, що використовується для приготування розчину. Застосування води, яка при взаємодії з препаратом утворює осад, є неприпустимим, оскільки це призводить до засмічення розпилювачів, порушення рівномірності обробки та зниження ефективності дії засобів захисту рослин.

Дослідження показують, що відхилення від рекомендованих норм витрати препаратів негативно впливає на результати захисту культур. Зокрема, зменшення норми більш ніж на  $20\%$  не забезпечує належного захисного ефекту, внаслідок чого рослини можуть залишатися ураженими бур'янами, шкідниками або хворобами. Водночас перевищення дози понад  $20\%$  може спричинити фітотоксичну дію – пригнічення росту культурних рослин, погіршення схожості насіння та загальне зниження продуктивності посівів.

У зв'язку з цим рівень повноти протруювання насіння або обробки посівів повинен бути максимально близьким до нормативного значення, а допустиме відхилення не перевищувати  $\pm 20\%$ . Дотримання цих вимог забезпечує стабільну ефективність дії препаратів, зменшення втрат урожаю та раціональне використання засобів захисту рослин.

$$80\% \leq \frac{x}{H} \cdot 100\% \leq 120\% , \quad (2.1)$$

де  $x$  – середня кількість препарату на рослині або зернівці, мг;

$N$  – задана нормою кількість препарату, мг.

Якість протруювання насіннєвого матеріалу визначається, зокрема, ступенем рівномірності нанесення препарату на окремі зернівки.

:

$$V = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}}}{x} \cdot 100\% \quad (2.2)$$

де  $x_i$  – кількість препарату на  $i$ -й зернівці, мг;

$n$  – кількість зернівок, що аналізують, шт.

Важливим показником якості протруювання насіння є рівномірність розподілу препарату по окремих зернівках. Ступінь нерівномірності нанесення засобу захисту не повинен перевищувати 20 %, оскільки це безпосередньо впливає на захисну дію препаратів та подальший розвиток рослин.

Точність внесення робочої рідини також є одним із визначальних факторів ефективності обробки. Допустиме відхилення фактичної норми витрати рідини на 1 га від заданого значення не повинно перевищувати  $\pm 10$  %. При використанні штангових обприскувачів у малооб'ємному режимі коефіцієнт варіації розподілу препарату по ширині захвату має бути не більше 25 %, тоді як для вентиляторних обприскувачів цей показник допускається до 50 %.

У разі застосування мікрооб'ємного обприскування вимоги дещо змінюються: коефіцієнт нерівномірності не повинен перевищувати відповідно 40 % для штангових і 90 % для вентиляторних машин.

Для забезпечення необхідної якості внесення пестицидів, мінімізації їх втрат за межами оброблюваної площі та зниження негативного впливу на довкілля роботи з обприскування доцільно проводити за швидкості вітру не більше 3 м/с. Це дозволяє уникнути знесення препарату та забезпечити

рівномірне покриття рослин.

При внесенні гербіцидів у ґрунт також важливо дотримуватись вимог до рівномірності розподілу: відхилення не повинно перевищувати 50 %, що гарантує ефективну дію препаратів і рівномірне пригнічення бур'янів на всій площі поля.

#### **2.4 Огляд конструкцій агрегатів для приготування робочих рідин пестицидів та заправки обприскувачів**

У сучасних технологіях захисту рослин важливе місце займає процес приготування робочих рідин та заправки обприскувачів, від якості якого значною мірою залежить ефективність використання пестицидів. Для виконання цих операцій застосовують різноманітні спеціалізовані агрегати, конструкція яких передбачає механізоване змішування компонентів та подачу готового розчину безпосередньо до обприскувачів.

Робочі рідини для протруювання насіння зазвичай готують безпосередньо у протруювачах, обладнаних баками з мішалками. Для цього використовують машини типу ПС-10, ПСШ-5, АПЗ-10, КПС-10. Норма витрати рідини становить 5–15 л на 1 т насіння, при цьому на кожні 10–15 л додають 4–6 кг препарату. За потреби проведення інкрустації (застосування клейких речовин) до складу робочої суміші вводять додаткові компоненти: сульфітно-спиртову барду (у кількості 0,7–1 кг/т насіння) або натрійкарбоксиметилцелюлозу (0,2 кг на 10 л води). У такому випадку тривалість перемішування збільшують, щоб забезпечити повне розчинення добавок і отримання однорідної суміші.

Для приготування робочих рідин при обприскуванні посівів застосовують як стаціонарні, так і пересувні агрегати. Найпоширенішими є заправні станції СЗС-10, а також пересувні установки АПР «Темп», АПЖ-12, «Пемікс-1002», «Мобімікс», СТК-5, СРПН-6, СТП-3,2. Крім того, часто використовують переобладнані водороздавачі типу ВР-3М, ВУ-3,0, які адаптовані для

змішування і транспортування робочих розчинів.

У випадку стаціонарного приготування рідин їх транспортують до місця обробки за допомогою спеціальних засобів (наприклад, РЖУ-3,6, ЗЖВ-1,8, ЗУ-3,6), після чого обприскувачі заправляють безпосередньо на поворотних смугах. Якщо відстань перевезення не перевищує 1,5 км, техніка для обприскування може самостійно під'їжджати до пункту заправки. У разі використання пересувних агрегатів, таких як АПЖ-12, «Пемікс-1002», «Мобімікс» або СТК-5, їх розміщують поблизу поля, а воду та препарати доставляють до місця роботи агрегату. У процесі обробки ці установки можуть поступово переміщуватись уздовж поля, скорочуючи час простою обприскувачів.

У деяких випадках робочі розчини готують безпосередньо в баках обприскувачів, які знаходяться на поворотних смугах. Такий підхід дозволяє скоротити допоміжні операції, однак вимагає наявності ефективних систем перемішування.

Порівняльний техніко-економічний аналіз різних варіантів організації процесу показує, що найбільш ефективною є технологія малооб'ємного обприскування із застосуванням широкозахватних обприскувачів (наприклад, ОПШ-15) із баком місткістю близько 1200 л. Зменшення норми витрати робочої рідини з 300 до 100 л/га дозволяє знизити приведені витрати на 13,3–15,4 %. При приготуванні рідини на стаціонарі агрегатом АПЖ-12 для одного обприскувача ОПШ-15 витрати становлять 2,76 грн/га, тоді як при одночасній роботі трьох обприскувачів вони зменшуються до 1,57 грн/га, що свідчить про ефективність кооперації технічних засобів.

Конструкція заправної станції СЗС-10 (продуктивність до 15 т/год) передбачає наявність комплексу обладнання: складу для зберігання пестицидів, майданчика для приготування вапняного молока, системи розчинення мідного купоросу, насосного агрегату та консольно-поворотного крана. Лінія для приготування вапняного молока включає яму для гасіння вапна, транспортувальні механізми та резервуар для готового продукту. Розчини

подаються у великі баки самопливом завдяки різниці висот розміщення ємностей.

Пересувний агрегат АПЖ-12 має основний бак місткістю 3,2 м<sup>3</sup> і два допоміжні по 0,11 м<sup>3</sup>. Він агрегатується з тракторами класу тяги 1,4 і може працювати як від валу відбору потужності, так і від електродвигуна. Однією з конструктивних особливостей є двоступенева система фільтрації, що запобігає потраплянню механічних домішок у робочу рідину. Приготування суміші здійснюється шляхом попереднього змішування компонентів у допоміжних баках з подальшим переміщенням у основний резервуар за допомогою гідроелеватора. Необхідна концентрація забезпечується точним об'ємним дозуванням компонентів.

Агрегат СТК-5, який агрегатується з трактором МТЗ-80, працює за потоковим принципом. Спочатку готують концентрований розчин, а вже під час заправки обприскувача доводять його до робочої концентрації. Контроль дозування здійснюється за допомогою мірної трубки, що забезпечує точність приготування.

Для виконання аналогічних операцій також застосовують обприскувачі ОВТ-1А, ОВС-А, ОПШ-15, які обладнані механічними або гідравлічними мішалками. У випадку використання водороздавачів ВР-3М, ВУ-3,0, їх оснащують гідромішалками з насадками діаметром 15 мм, додатковими баками-дозаторами та насосами типу НР-40, БКФ-2 або 376А, що забезпечує повноцінне приготування і подачу робочих рідин.



Рисунок 2.1 – Технологічна схема агрегату АПЖ – 12

Заправник-гноївкорозкидач ЗЖВ-Ф-3,2 призначений для транспортування робочих рідин пестицидів і заправки ними обприскувачів, перевезення рідких азотних добрив, технічної води, відкачування внесення на поля гноївки. У резервуарі заправника встановлена пневматична мішалка (Г-подібна труба з радіальними отворами). Працює мішалка лише при роботі ежектора. При цьому атмосферне повітря через трубу і отвори в ній надходить у резервуар і, піднімаючись вгору, переміщує рідину повітря над рідиною у резервуарі постійно відсмоктується ежектором. Для самозаправки резервуара заправника відкривають заслінку на вихідному отворі змішувальної камери напірно-вакуумного пристрою, перекривають заслінку в корпусі ежектора, збільшують частоту обертання колінчастого вала двигуна трактора, занурюють кінець рукава з фільтром в робочу рідину і відкривають затвор. Після заповнення резервуара до рівня верхнього краю оглядового вікна виймають заправний рукав, відкривають заслінку в корпусі ежектора і зменшують частоту обертання колінчастого вала двигуна. При заправці обприскувача заправником ЗЖВ-Ф-3,2 кінець забірної шланга опускають у горловину резервуара обприскувача, перекривають заслінкою вихідний отвір у корпусі ежектора, збільшують частоту обертання і відкривають затвор. Після заповнення

резервуара обприскувача робочою рідиною закривають затвор, відкривають отвір у корпусі ежектора і зменшують частоту обертання колінчастого вала двигуна трактора.

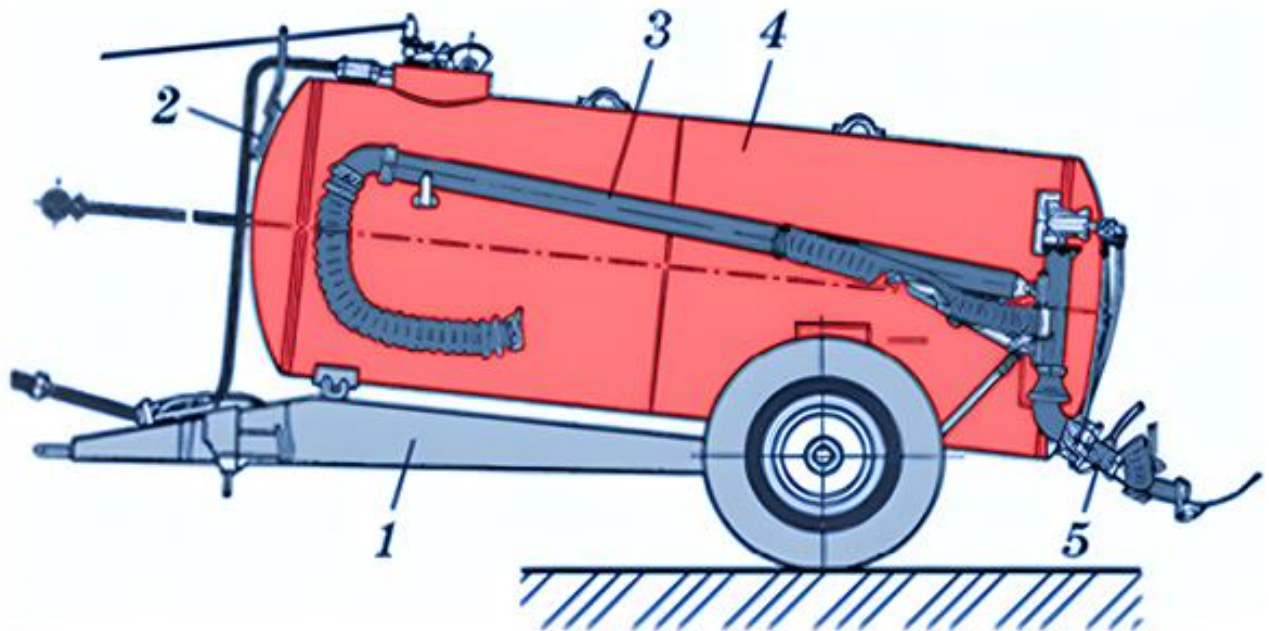


Рисунок 2.2 – Заправник-гноївкорозкидач ЗЖВ-Ф-3,2

Заправник рідких добрив ЗУ – 3,6 застосовують для транспортування і заправки рідких добрив та робочих рідин пестицидів. Він має резервуар, заправну штангу і напірновакуумний пристрій. Механізм повороту забезпечує поворот штанги в межах  $180^{\circ}$ . При заповненні резервуара заправника ЗУ – 3,6 робочою рідиною роботу двигуна переводять на малу частоту обертання; встановлюють штангу в робоче положення і занурюють забірний рукав у робочу рідину; відкривають лівий затвор(до нього приєднана заправна штанга), правий затвор повинен бути закритим; закривають заслінку в корпусі напірновакуумного пристрою, збільшують частоту обертання колінчастого вала двигуна і заповнюють резервуар до положення стрілки рівнеміра “П”, напірновакуумного пристрою; піднімають штангу за допомогою гідросистеми трактора в транспортне положення.

Для заправки обприскувача заправником ЗУ – 3,6 опускають його забірний рукав у горловину резервуара обприскувача, закривають заслінку в

корпусі змішувальної камери напірно-вакуумного пристрою та збільшують частоту обертання колінчастого вала двигуна.



1 – рама; 2 – напірно-вакуумна магістраль; 3 – заправна штанга;  
4 – цистерна; 5 – розливно-розподільний пристрій

Рисунок 2.3 – Заправник-розкидач рідких органічних добрив ЗУ-3,6 [40]

Сучасні обприскувачі також дедалі частіше комплектуються вбудованими системами приготування робочих рідин. Наприклад, машини типу ОПШ-15 або ОП-2000 мають мішалки, пристрої для самостійного забору води та системи введення препаратів. Це дозволяє готувати робочий розчин безпосередньо в баку обприскувача, що спрощує технологічний процес і зменшує потребу в додатковій техніці.

Конструктивно сучасні машини-заправники характеризуються низкою вдосконалень. Зокрема, широко застосовується двоступенева система фільтрації, яка запобігає потраплянню домішок і засміченню розпилювачів. Використання гідроелеваторів дає змогу механізувати процес завантаження препаратів, а автоматизовані системи управління забезпечують точність дозування і контроль параметрів роботи. Важливим напрямом розвитку є впровадження закритих систем заправки, які мінімізують контакт оператора з

пестицидами та підвищують рівень екологічної безпеки.

Організація роботи машин-заправників може здійснюватися за різними схемами. Найпоширенішими є стаціонарна схема (із централізованим приготуванням рідини на базі), польова схема (приготування безпосередньо в зоні обробітку) та комбінована. Вибір конкретної схеми залежить від розміру господарства, відстані транспортування та технічного забезпечення.

Отже, сучасні машини-заправники є важливим елементом технології захисту рослин. Вони забезпечують підвищення продуктивності обприскувачів, зменшення втрат препаратів, точність дозування і покращення умов праці. Рациональний вибір і ефективне використання таких машин дозволяє оптимізувати виробничі процеси та підвищити економічну ефективність сільськогосподарського виробництва.

## 3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 3.1 Обґрунтування доцільності створення агрегату для приготування робочих розчинів отрутохімікатів

Аналіз технологічного процесу обприскування показує, що вирішальним етапом, який визначає ефективність обробки польових культур і витрату препаратів, є саме приготування робочої рідини. Якість змішування компонентів безпосередньо впливає на рівномірність нанесення, стабільність концентрації розчину і, як наслідок, на результат захисних заходів.

На сьогодні робочі розчини для обприскування можуть готуватися як у стаціонарних умовах, так і за допомогою мобільних установок. Разом із тим варто зазначити, що сучасна вітчизняна промисловість практично не пропонує достатньої кількості ефективних пересувних агрегатів для приготування робочих рідин пестицидів. Із відомих стаціонарних засобів можна відзначити станцію СЗС-30, однак її використання в умовах невеликих господарств є економічно недоцільним через високі експлуатаційні витрати та значні трудові затрати.

У господарствах з обмеженими площами для приготування робочих розчинів широко застосовують агрегати типу АПР «Темп». Проте їх експлуатація потребує додаткового залучення техніки для підвозу води, зокрема машин ЗЖВ-1,8 або РЖТ-4,2, що працюють разом із трактором МТЗ-80. Таким чином, одночасне використання двох тракторів значно ускладнює технологічний процес, підвищує витрати пального та знижує економічну ефективність робіт.

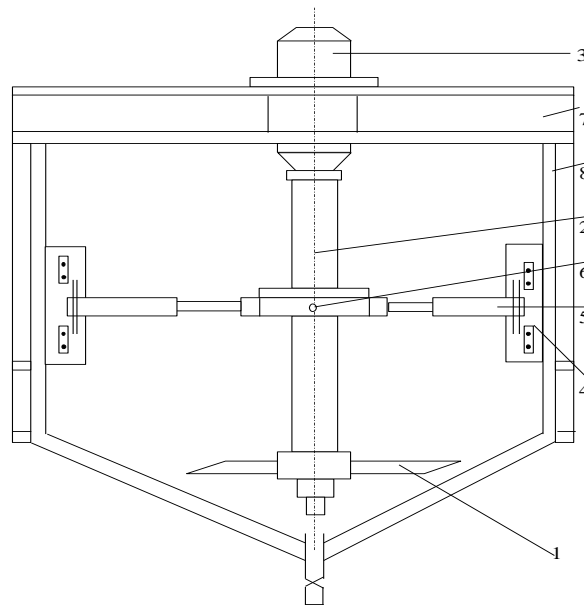
З урахуванням зазначених недоліків у роботі запропоновано нову конструкцію універсального агрегату, призначеного для приготування робочих рідин різного типу – розчинів, суспензій і емульсій – із пастоподібних, порошкоподібних і рідких пестицидів. Крім того, агрегат забезпечує заправку баків обприскувачів або авіаційної техніки безпосередньо в польових умовах.

Конструктивно агрегат включає два основні резервуари для приготування

робочої рідини, а також окрему ємність для маточного розчину та сипучих матеріалів. Усі ці елементи змонтовані на спільній рамі, яка встановлюється на базі причепа 2-ПТС-4. При цьому конструкція передбачає можливість швидкого демонтажу обладнання з платформи, що підвищує універсальність його використання.

Для забезпечення подачі води, наповнення резервуарів та заправки обприскувачів агрегат оснащено поршневым насосом ОПШ-4300, який приводиться в рух від вала відбору потужності трактора. Завдяки цьому агрегат може працювати автономно в польових умовах без потреби в додатковому обладнанні.

Особливу увагу в конструкції приділено системі перемішування (рис. 3.1), яка забезпечує ефективне утворення однорідної суміші. Перемішувальний механізм складається з трилопатевої крильчатки (поз. 1), закріпленої на валу (поз. 2), який обертається за допомогою гідромотора (поз. 3). Така система дозволяє інтенсивно перемішувати робочі компоненти, запобігаючи утворенню осаду та гарантуючи стабільну якість розчину.



1 – трилопатева крильчатка; 2 – вал; 3 – гідронасос; 4 – турболізатор; 5 – розпірка; 6 – корпус підшипника; 7 – рама; 8 – ємність для перемішування  
Рисунок 3.1 – Конструктивно-технологічна схема перемішувального пристрою

До внутрішніх стінок резервуара закріплені турбулізуючі пластини (поз.

4), які через регульовальні розпірки (поз. 5) з'єднані з корпусом підшипника (поз. 6). Така конструкція сприяє інтенсивному перемішуванню робочої суміші та підвищує однорідність розчину.

Розроблений агрегат має низку суттєвих переваг порівняно з агрегатом типу «Темп». Завдяки компактнішим габаритам він відзначається кращою маневреністю в польових умовах, що полегшує його використання. Крім того, удосконалена конструкція дозволяє скоротити трудовитрати на обслуговування, що позитивно впливає на загальну ефективність виконання робіт.

### 3.2 Розрахунок деталей і вузлів змішувача

Під час роботи мішалки в рідкому середовищі на її лопаті діють сили різного напрямку. Зокрема, в процесі обертання виникають осьова та радіальна складові сил, які діють на робочі органи. У результаті їх геометричного додавання утворюється рівнодійна (нормальна) сила, що безпосередньо впливає на лопаті мішалки.

Ця сила визначає навантаження на елементи змішувача, зокрема на вал, підшипники та приводний механізм, і є основним параметром при виборі потужності приводу. Тому правильне врахування її величини є необхідним для забезпечення надійної та довговічної роботи агрегату.

Для визначення силового навантаження на лопаті мішалки приймаємо вихідні геометричні та кінематичні параметри: діаметр лопаті  $D = 1,8$  м, її ширина  $h = 0,14$  м, кут нахилу відносно горизонтальної площини  $\alpha = 30^\circ$ , а частота обертання валу становить  $n = 112$  об/хв.

З урахуванням зазначених параметрів можна перейти до визначення складових сил, що діють на робочий орган. Зокрема, радіальну складову сили, яка виникає внаслідок обертання лопаті в рідині та діє перпендикулярно до осі вала, визначають за відповідною розрахунковою залежністю.

Ця сила обумовлена опором рідини руху лопаті та залежить від геометричних розмірів робочого органа, швидкості його обертання, а також фізичних властивостей середовища. Її визначення є необхідним етапом подальшого розрахунку міцності та вибору елементів приводу змішувача.

$$P = N \cdot \cos\alpha \quad (3.1)$$

де  $N$  – нормальна сила, діюча на лопать, кН.

$$N = 0,5 \cdot L \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_2/2) \cdot \rho \quad (3.2)$$

де  $L$  – довжина лопаті, м,

$b$  – ширина лопаті, м,

$\varphi_2$  – кут внутрішнього тертя,  $8^\circ$ ,

$\rho$  – щільність води,  $\text{кг/м}^3$ .

Підставивши , одержуємо

$$P = 0,5 \cdot L \cdot b^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_2/2) \cdot \rho \cdot \cos\alpha, \quad (3.3)$$

тоді

$$P = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,14^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 8^\circ/2) \cdot 9,81 \cdot \cos 30^\circ = 0,057 \text{ кН.}$$

Результуючу радіальну силу, діючу на всі лопаті визначаємо за залежністю

$$P_p = 1,2 \cdot n \cdot p \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість лопатей

$$P_p = 1,2 \cdot 3 \cdot 0,057 = 0,205 \text{ кН} = 205 \text{ Н}$$

Оскільки радіальна сила, діюча на лопаті створює крутний момент на валу, то її можна визначити за наступною залежністю

$$P_p = 2T_{кр}/D \quad (3.5)$$

де  $T$  – крутний момент, створений на валу, Н·м;

$D$  – діаметр лопатей.

$$T_{кр} = (205 \cdot 1,8)/2 = 185 \text{ Нм.}$$

Крутний момент, який створює гідромотор можна визначити за залежністю

$$T_{кр.м.} = 9550 \cdot N/n \quad (3.6)$$

де  $N$  – потужність гідродвигуна,

$n$  – частота обертання вихідного вала об/хв.

Щоб забезпечити обертання вала мішалки, необхідно, аби крутний момент на валу гідродвигуна перевищував момент, що виникає під дією реактивної (радіальної) сили. Прирівнявши момент, створений гідромотором, до моменту від дії радіальної сили, визначаємо потрібну потужність гідродвигуна

$$N \geq T_{кр.} \cdot n / 9550 = 185 \cdot 112 / 9550 = 2,2 \text{ кВт.}$$

Із таблиці вибираємо гідродвигун (ГМШ-32).

Розрахунок вала мішалки. Діаметр вала  $d_1$  (рис. 3.2) кінця вала з'єднаного з валом гідродвигуна через муфту знаходимо за залежністю

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16T_1}{\pi[\tau]}}, \quad (3.7)$$

де  $T_1$  – обертальний момент на валу (Н·м),

Визначимо крутний момент вала через допустимий крутний момент муфти.

Допустимий крутний момент муфти визначаємо за залежністю

$$[T] \geq 1,5 \cdot 185 = 277,5 \text{ Нм.}$$

Тоді на основі (3.7) та за заниженими дотичними напруженнями для сталі 45, матимемо

$$d_1 \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 277,5}{3,14 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 0,041 \text{ м.}$$

При виборі конкретного типорозміру муфти за вхідні параметри приймаємо діаметр вала гідродвигуна  $d_{\text{гид}}=45$ .

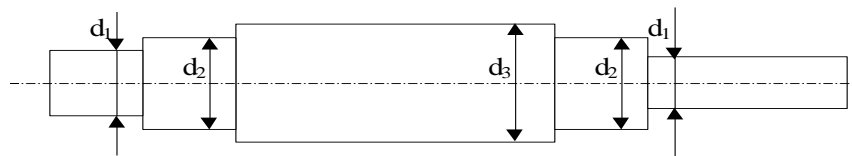


Рисунок 3.2 – Ескіз вала

Для полегшення з'єднання вала гідродвигуна і вала мішалки безпосередньо муфтою, приймаємо  $d_1=45$ мм. Діаметр вала під підшипник вибираємо  $d_2=50$  мм. Діаметр вала під бортик, в який буде впирається підшипник приймаємо  $d_3=60$ мм.

### 3.3 Розрахунок навантаження та вибір підшипників

Для опори В попередньо обираємо роликівий підшипник середнього ряду типу 7310. У зв'язку з неминучою неспіввісністю валів змішувача та гідродвигуна муфта створює додаткове навантаження на вал у вигляді сили  $F_k$ , яку визначаємо за відповідною формулою

$$F_{k1}=0,45T_1/D, \quad (3.8)$$

де  $D$  – зовнішній діаметр муфти,  $D=220$  мм;

$$F_k=0,45 \cdot 277,5 \cdot 10^3/220=568 \text{ Н.}$$

Визначаємо опірну реакцію вала від навантаження у вертикальній площині ( $P=205$  Н):

$$\sum T_t=0,$$

$$P(400+780)-R_{AY} \cdot 780=0,$$

тоді

$$R_A=R_{AY}=P(400+780)/780=310\text{Н};$$

$$\sum T_z=0,$$

$$P_1 \cdot 400 \cdot R_{YB} \cdot 780=0;$$

$$R_B=R_{YB}=P \cdot 400/780=205 \cdot 400/780=105\text{Н.}$$

Визначаємо опори реакції вала від консольного навантаження  $F_k$ , яке викликає муфта:

$$\sum T_A = 0,$$

$$R_B \cdot 780 - F_k(425 + 780) = 0,$$

$$R_{BM} = 568 \cdot (425 + 780) / 780 = 878 \text{ Н};$$

$$\sum T_B = 0,$$

$$R_{AM} \cdot 780 - F_k \cdot 425 = 0,$$

$$R_{AM} = 568 \cdot 425 / 780 = 310 \text{ Н}.$$

Виконуємо визначення сумарних реакцій опор ведучого вала, зумовлених дією зовнішнього навантаження та муфти, приймаючи до розгляду найбільш несприятливе поєднання навантажень:

$$F_{rA} = R_A + R_{AM} = 310 + 310 = 620 \text{ Н},$$

$$F_{rB} = R_B + R_{BM} = 105 + 878 = 983 \text{ Н}.$$

Визначаємо базову довговічність прийнятого нами роликового підшипника 7310.

Вихідні дані:

$$F_{rA} = 620 \text{ Н}; F_{rB} = 983 \text{ Н};$$

$$F_{B1} = P_{oc} = N \cdot \sin \alpha = 235 \cdot \sin 30^\circ = 118 \text{ Н};$$

$$C_r = 56 \text{ кН}; L = 0,31; Y = 1,94.$$

Осьові складові реакції визначають за залежністю

$$F_{\alpha\beta}=0,83 \cdot C_a \cdot F_{rA}=0,83 \cdot 0,31 \cdot 983=253 \text{ Н.}$$

Виконуємо визначення осевого навантаження, що діє на підшипник. Оскільки алгебраїчна сума всіх осевих сил, прикладених до опори В, є додатною, розрахунок осевої сили для цієї опори здійснюється з урахуванням їх сумарної дії:

$$B - F_{AB}=P_{oci}=118 \text{ Н,}$$

так як

$$F_{AB}/F_{rB}=118/983 < l_b,$$

то  $x=1$ ,  $y=0$ .

Еквівалентне динамічне навантаження визначається за залежністю

$$P_{rB}=F_{rB} \cdot K_B=983 \cdot 11,3=11108 \text{ Н.}$$

Розрахункова базова довговічність підшипника 7310 (опори В) складає:

$$L_B=10^6/(60 \cdot n) \cdot [C_r/P_{rB}]^{10/3}. \quad (3.10)$$

Розраховуємо значення

$$L_B = 10^6/(60 \cdot 112) \cdot [56000/11108]^{10/3} = 3,3 \cdot 10^4 \text{ год.}$$

Для даного підшипника (7310) реальна довговічність не перевищує  $10^5$  год, що повністю задовольняє вимогам до даного вузла.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Небезпеки, що виникають при приготуванні робочих розчинів для заправки обприскувачів**

Приготування робочих розчинів для заправки обприскувачів є технологічним процесом підвищеної небезпеки, що супроводжується дією комплексу шкідливих і небезпечних виробничих факторів. У першу чергу це пов'язано з використанням засобів захисту рослин, які містять токсичні хімічні речовини. Потрапляння цих речовин в організм можливе через органи дихання у вигляді парів і аерозолів, через шкіру при безпосередньому контакті з концентратами або розчинами, а також у разі випадкового проковтування. Такий вплив може призводити до гострих та хронічних отруєнь, алергічних реакцій, уражень дихальної та нервової систем.

Поряд із хімічною небезпекою, у процесі приготування розчинів виникають і фізичні фактори ризику. До них належать розбризкування рідини під час змішування компонентів, можливість утворення слизьких поверхонь у разі проливання розчинів, а також ризик отримання хімічних опіків при контакті з концентрованими препаратами. Використання механізмів, таких як насоси чи мішалки, може супроводжуватися додатковим впливом шуму та вібрації.

Окрему небезпеку становлять пожежо- та вибухонебезпечні властивості деяких препаратів або допоміжних речовин. У разі порушення умов зберігання чи технології змішування можливе утворення легкозаймистих або вибухонебезпечних сумішей, що підвищує ризик виникнення аварійних ситуацій.

Технологічні ризики пов'язані з можливими помилками під час приготування робочих розчинів, зокрема неправильним дозуванням компонентів, недотриманням послідовності їх змішування або використанням несумісних препаратів. Це може призвести як до підвищення токсичності

суміші, так і до зниження її ефективності, а також створення додаткової небезпеки для обслуговуючого персоналу.

Не менш важливими є ергономічні та організаційні фактори, серед яких – необхідність ручного переміщення ємностей із препаратами, робота у засобах індивідуального захисту протягом тривалого часу, а також можливі порушення вимог інструкцій з охорони праці або недостатній рівень підготовки персоналу.

Крім того, процес приготування робочих розчинів супроводжується екологічними ризиками, такими як забруднення ґрунтів і водних об'єктів у разі проливання або неправильного поводження з хімічними речовинами, а також забруднення атмосферного повітря токсичними аерозолями.

Таким чином, приготування робочих розчинів для заправки обприскувачів потребує суворого дотримання нормативних вимог з охорони праці, застосування відповідних засобів індивідуального захисту, а також належної організації робочого місця, що є необхідною умовою забезпечення безпеки працівників і мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

#### **4.2 Заходи охорони праці для запобігання небезпек, що виникають при приготуванні робочих розчинів**

Заходи охорони праці при приготуванні робочих розчинів для заправки обприскувачів спрямовані на запобігання впливу небезпечних і шкідливих факторів на працівників, а також на мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. Їх реалізація ґрунтується на вимогах чинних нормативно-правових актів, регламентів щодо поводження із засобами захисту рослин та загальних принципах безпеки виробничих процесів.

Першочерговим заходом є правильна організація робочого місця. Приготування робочих розчинів повинно здійснюватися на спеціально відведених майданчиках, обладнаних твердим покриттям, що не вбирає рідину, та системами збору і відведення випадкових проливів. Такі майданчики повинні

бути розташовані на безпечній відстані від джерел водопостачання, житлових будівель і місць перебування людей. Обов'язковою є наявність ефективної вентиляції, яка забезпечує видалення шкідливих парів і аерозолів із робочої зони. Робоче місце має бути забезпечене водою для промивання у разі аварійних ситуацій, а також засобами для нейтралізації та локалізації розлитих хімічних речовин.

Важливим напрямом є застосування засобів індивідуального захисту. Працівники, які здійснюють приготування робочих розчинів, повинні бути забезпечені спецодягом, що запобігає контакту шкіри з пестицидами, гумовими рукавицями, герметичним взуттям, захисними окулярами або щитками, а також респіраторами відповідного класу захисту. Використання засобів індивідуального захисту є обов'язковим на всіх етапах роботи – від відкриття тари до повного завершення процесу змішування. Після закінчення робіт засоби захисту підлягають очищенню або утилізації відповідно до встановлених вимог.

Не менш важливим є дотримання технологічної дисципліни. Приготування розчинів повинно виконуватися строго за інструкціями виробника препаратів, із точним дотриманням дозування та послідовності змішування компонентів. Забороняється змішування несумісних препаратів, оскільки це може призвести до утворення небезпечних хімічних сполук або втрати ефективності робочого розчину. Для дозування слід використовувати спеціальні вимірювальні прилади, що забезпечують точність і зменшують ризик контакту з концентрованими речовинами.

Суттєвим фактором забезпечення безпеки є механізація процесу. Використання насосів, автоматизованих систем подачі води та препаратів, а також закритих систем змішування дозволяє значно зменшити контакт працівників із шкідливими речовинами. Це особливо важливо при роботі з високотоксичними або леткими препаратами. Устаткування, що використовується, повинно бути справним, герметичним і регулярно проходити технічне обслуговування.

Особлива увага приділяється організаційним заходам. Працівники повинні проходити обов'язковий інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та періодичні медичні огляди. Особи, які не пройшли відповідну підготовку або мають медичні протипоказання, до роботи з пестицидами не допускаються. На підприємстві повинні бути розроблені та впроваджені інструкції з охорони праці, а також плани дій у разі аварійних ситуацій.

Важливим профілактичним заходом є контроль за станом повітря робочої зони. Концентрація шкідливих речовин не повинна перевищувати гранично допустимих норм. У разі перевищення встановлених показників необхідно негайно припинити роботу та вжити заходів щодо усунення причин забруднення. Це може включати посилення вентиляції, зменшення інтенсивності робіт або використання додаткових засобів захисту.

З метою запобігання пожежам і вибухам необхідно дотримуватися правил поводження з легкозаймистими речовинами. Забороняється використання відкритого вогню та куріння на робочому місці. Електрообладнання повинно відповідати вимогам вибухобезпеки та мати належне заземлення. У зоні приготування розчинів повинні бути наявні первинні засоби пожежогасіння.

Окреме значення мають заходи щодо охорони навколишнього середовища. Слід запобігати проливанню робочих розчинів та концентратів, а у разі їх виникнення – негайно здійснювати локалізацію та нейтралізацію. Забороняється скидати залишки розчинів у ґрунт або водні об'єкти. Тара з-під пестицидів підлягає спеціальній утилізації відповідно до встановлених екологічних вимог.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу технології вирощування озимої пшениці встановлено, що без застосування ефективної системи хімічного захисту втрати урожаю можуть досягати 30–50 %, що підтверджує необхідність удосконалення процесів приготування та внесення робочих рідин.

2. Досліджено сучасні технології приготування робочих розчинів і виявлено, що допустимі відхилення концентрації мають становити не більше  $\pm 5$  %, а нерівномірність розподілу – не більше 20 %, що є критичним для забезпечення ефективності обробки.

3. У роботі обґрунтовано модернізацію агрегату для приготування робочих рідин, яка передбачає застосування двох резервуарів, поршневого насоса типу ОПШ-4300, гідромотора ГМШ-32 та змішувального механізму з трилопатевою крильчаткою. Розрахунками встановлено оптимальний діаметр вала змішувача 45–60 мм, а довговічність підшипника становить близько  $3,3 \cdot 10^4$  год.

4. Запропонований агрегат забезпечує підвищення продуктивності технологічного процесу до 3,8 га/год, що перевищує базові показники існуючих машин та дозволяє скоротити тривалість виконання операцій.

5. Встановлено, що впровадження модернізованого агрегату дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 13,3–15,4 %, а також досягти економії коштів.

6. Розроблена технологічна карта вирощування озимої пшениці на площі 600 га показала, що загальні витрати пального складають 40354 л дизельного палива та 2880 л бензину, при цьому найбільші витрати припадають на основний обробіток ґрунту – близько 16230 л.

7. Удосконалений агрегат забезпечує більш точне дозування компонентів і рівномірніше перемішування, що зменшує перевитрати засобів захисту рослин і підвищує ефективність їх використання.

8. Впровадження закритої системи приготування розчинів дозволяє мінімізувати контакт оператора з пестицидами, що підвищує безпеку праці та знижує екологічні ризики.

9. Таким чином, запропоновані технічні рішення забезпечують підвищення ефективності технології хімічного захисту польових культур, зниження витрат ресурсів, покращення якості виконання технологічних операцій та підвищення рівня механізації виробництва.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Andreikiv O.E., Babii A.V., Dolinska I.Ya., and Matviiv Yu.Ya. Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. *Materials Science*. Vol. 56. No. 1, July, 2020. P. 112–118.
2. Andreikiv, O.Y., Dolinska, I.Y., Babii, A.V. et al. Residual life of the folded bimetal plate taking into account degradation of materials at high temperature and under long-term loading. *Mater Sci* 60, 650–656 (2025). <https://doi.org/10.1007/s11003-025-00932-9>.
3. Andreykiv O., Babii A., Dolinska I.,Yadzhak N., Babii M. Residual lifetime prediction of field sprayer booms under the action of manoeuvre loading and corrosive environment. *Procedia Structural Integrity*. Volume 36, 2022, P. 36-42. (ISSN 24523216, DOI 10.1016/j.prostr.2021.12.080).
4. Andrii Babii, Taras Dovbush, Nadiia Khomuk, Anatolii Dovbush, Anna Tson, Vasyl Oleksyuk, 2022. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor. *Procedia Structural Integrity* No 36. 203-210.
5. Babii A. Important aspects of the experimental research methodology. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2020. Vol 97. No 1. P. 77–87.
6. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2020. Vol 98. No 2. P. 99–109.
7. Babii A., Babii M. Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU*. Tern. : TNTU, 2019. Vol. 95, No 3, P. 97–104.
8. Babii A., Blashchak B. Justification of the parameters of the soil preparation module of the potato planting machine. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 12(43), ч.ІІ. С. 165-174.
9. Babii A., Blashchak B. Study of the performance efficiency parameters of a potato planting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 118, no 2, 2025. Pp. 117–127. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2025.02.117](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.02.117).

10. Babii A., Blashchak B., Valiashek V., Broshchak I., Malevych N. Substantiation of the parameters of a dosing mechanism for granular fertilizer application during potato planting. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 120, no 4, 2025. Pp. 10–20. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2025.04.010](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.04.010).
11. Babii A., Holovetskyi I. Engineering method of studying the kinematic parameters of the working body of the potato harvesting machine. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Vol. 10(41)\_I. P. 200-212. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.200-212](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.200-212).
12. Babii A., Holovetskyi I., Boiko V. (2024) Analysis of the behavior of potato bearing layer particles on the oscillating plane of the potato plant ploughshare. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 116, no 4, pp. 78–89. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2024.04.078](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.04.078).
13. Babii A., Levytskyi B. (2024) Research of stress-strain state of tank of small-size self-propelled sprayer. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 115, no 3, pp. 91–99. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2024.03.091](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.03.091).
14. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.086>.
15. Babii A., Vovk I. Mathematical model of contact interaction between a rotating working body and plant stems for their shredding. *Engineering, Energy, Transport AIC. Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university*. Vol. 103, № 3. 2025. P. 99-106. DOI: 10.37128/2520-6168-2025-3-11 .
16. Babii A.; Aulin V.; Babii M.; Levytskyi B. (2022) Investigation of the working capacity of the operating body suspension functional-transporting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 105, no 1, pp. 5–12. [https://doi.org/10.33108/visnyk\\_tntu2022.01.005](https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2022.01.005).
17. Oleg Lyashuk, Andrii Diachun, Ihor Tkachenko, Mykola Stashkiv, Andrii Babii, Maria Pankiv, Zhanna Babiak, Alexander Marunych, Oleg Lakh, Artur Starikh. Investigation of the bulk material movement kinematics in conical screw conveyor. *INMATEH - Agricultural Engineering*. Vol. 74, 2024. No. 3. pp. 732-744.

18. Study of the performance efficiency parameters of a potato planting machine / Andrii Babii, Bohdan Blashchak // Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2025. Vol 118. No 2. P. 117–127.
19. Syrotyuk A.M., Babii A.V., Barna R.A., Leshchak R.L., Marushchak P.O. Corrosion-Fatigue Crack-Growth Resistance of Steel of the Frame of a Sprayer Boom. *Materials Science*, 2021, 56(4), P. 466–471.
20. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, 2019. №3 (13) С. 87–91.
21. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.
22. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.
23. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.
24. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 144 с.
25. Бабій А.В., Вовк І.В. Дослідження енергетичних показників при подрібненні рослин бильними робочими органами. *Центральноукраїнський науковий*

вісник. Технічні науки. Вип. 14 (45), 2026. С.77-86. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14\(45\).77-86](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14(45).77-86)

26. Бабій А.В., Вовк І.В., Гладь Ю.Б., Валяшек В.Б. Ротаційний робочий орган. Патент на корисну модель 160845, Україна. МПК (2025.01) А01В 33/00. и 2025 00186; заявл. 16.01.2025; опубл. 5.10.2025, Бюл.№ 42.

27. Бабій А.В., Вовк І.В., Бабій В.А. Обґрунтування параметрів вала багатофункціонального ротаційного робочого органу. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 17-19 квітня 2024 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. С. 9-10.

28. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.

29. Блащак Б.О., Бабій А.В., Вовк І.В. Визначення параметрів взаємодії ґрунтової стружки з направляючим кожухом фрезерного модуля. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025. С.52-54.

30. Вовк І., Бабій В., Бубняк Р. Переваги використання багатофункціонального ротаційного робочого органу. Матеріали VIII Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 24-25 квітня 2025 р.), 2025. С.28-29.

31. Вовк І.В., Бабій А.В. Обґрунтування доцільності у проектуванні багатофункціонального ротаційного робочого органу. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих

учених та студентів, (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С.96-97.

32. Вовк І.В., Бабій А.В., Малевич Н.Ю., Новацький П.І. Обґрунтування частоти обертання вала ротаційного робочого органу. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2024) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С.80-81.

33. Вовк І.В., Бойко В.В., Бабій А.В., Дем'янчук А.В. Критерії руйнування стебел рослин билом мульчувача при підготовці поля до збирання. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025. С.61-63.

34. Гевко Р.Б. Системи доочищення коренеплодів при їх механізованому збиранні : монографія / Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, Р. М. Рогатинський, С. В. Синій та ін. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2020. 216 с.

35. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

36. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.

37. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій, М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.

38. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УРСР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.

39. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.:

Вища шк., 1993. 556 с.

40. Сільськогосподарські машини: електронний посібник : веб-сайт. URL : [vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural machinery/2/2.htm](http://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/2/2.htm).

41. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтюк, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.

42. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 384 с.

43. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень; За ред. М.І. Черновола. К.: Фенікс, 2007. 432 с.

44. Хомик Н. І., Мартинюк В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

45. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Сташків М.Я., Бабій А.В., Довбуш Т.А. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.

# ДОДАТКИ