

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення використання техніки при
вирощуванні пшениці озимої з розробкою
операційної технології обприскування**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІСз-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Забуга Микола Олександрович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ СТУДЕНТУ

Забузі Миколі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою операційної технології обприскування

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«07» травня 2025 року № 961

2. Строк подання студентом роботи 12.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Статистичні дані щодо динаміки обсягів посівів та врожайно сільськогосподарських культур в Україні. Застосування композитів у конструкціях машин. Джерела літератури відповідно до тематики дипломного проєкту.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан вирощування пшениці озимої в Україні та вплив пестицидів на її врожайність. 2. Розробка плану механізованих робіт виробництва пшениці озимої. 3. Удосконалення конструкції обприскувача John Deere 732. 4. Розробка операційно-технологічної карти на обприскування. 5. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 6. Техніко-економічна оцінка проєкту. Загальні висновки. Список використаних джерел.

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

1. Аналіз вирощування та експорту пшениці озимої (А1) 2. План механізованих робіт вирощування пшениці озимої (А1) 3. Обприскувач John Deere 732 (вид загальний) (А1). 4. Z-подібний паралелограмний механізм з маятниковою системою (А1) 5. Прес-форма (складальне креслення) (А3). 6. Верхня кришка (А3) 7. Знак (А4). 8. Втулка (А4). 9. Нижня кришка (А4). 10. Матриця (А4). 11. Операційно-технологічна карта на обприскування. (А1) 12. Техніко-економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	Макаренко Д.О., доцент		
нормоконтроль	Макаренко Д.О., доцент		

7. Дата видачі завдання: 07.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний	до 27.03.2025 р.	виконано
2	Розробка плану вирощування пшениці озимої	до 18.04.2025 р.	виконано
3	Конструкційний	до 15.05.2025 р.	виконано
4	Операційно-технологічний	до 26.05.2025 р.	виконано
5	Охорона праці	до 30.05.2025 р.	виконано
6	Економічний аналіз	до 05.06.2025 р.	виконано
7	Графічна частина	до 10.06.2025 р.	виконано

Студент

(підпис)

Забуга М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Макаренко Д.О.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Забуга М.О. Удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою операційної технології обприскування / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ. Дніпро. 2025.

В дипломному проекті проаналізовано динаміку вирощування пшениці озимої та її врожайності. Розглянуто вплив застосування пестицидів на врожайність пшениці озимої. Розроблено план механізованих робіт виробництва пшениці озимої. Запропоновано технічне рішення щодо удосконалення конструкції обприскувача для підвищення рівномірності внесення пестицидів. Виконано перевірочні розрахунки запропонованої конструкції. Розроблено операційну технологію на обприскування посівів пшениці озимої. Розглянуто вимоги безпеки при виконанні технологічної операції обприскування. Виконано техніко-економічну оцінку проекту.

Ключові слова: пшениця озима, пестициди, обприскувач, внесення робочого розчину, операційно-технологічна карта, врожайність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
 1. СТАН ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ	 10
1.1 Посівні площі та врожайність пшениці озимої	10
1.2 Вплив пестицидів на врожайність пшениці	13
1.3 Огляд конструкцій машин для внесення хімічних засобів захисту	15
1.4 Обґрунтування теми дипломного проєкту	24
 2. РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	 26
2.1 Обґрунтування переліку основних технологічних операцій для вирощування пшениці озимої	26
2.2 Розрахунок складових плану вирощування пшениці озимої	27
 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОБПРИСКУВАЧА JOHN DEERE 732	 32
3.1 Аналіз стану питання щодо шляхів підвищення стійкості штанг обприскувача	32
3.2 Удосконалення конструкції обприскувача John Deere 732	35
3.3 Розрахунок підшипників сухого тертя	39
 4. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ НА ОБПРИСКУВАННЯ	 43
 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	 52

	7
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Озима пшениця займає важливе місце в сівозміні як одна з провідних зернових культур. Її правильне розміщення в структурі сівозміни сприяє підвищенню врожайності, покращенню фітосанітарного стану ґрунтів і раціональному використанню вологи та поживних речовин. Україна – один із ключових експортерів пшениці у світі. У різні роки вона входила до п'ятірки провідних постачальників, поряд з росією, ЄС, США, Канадою та Австралією. До 2022 року експорт пшениці був стабільним, і щорічно становив 16...20 млн тон. Озима пшениця складає понад 95% всього виробленого та експортованого обсягу пшениці. У 2023/24 маркетинговому році експорт пшениці зріс до 18,4 млн тон завдяки відкриттю гуманітарного морського коридору та впровадженню механізму страхування суден, що зменшило логістичні витрати для експортерів.

Пестициди відіграють важливу роль у забезпеченні врожайності озимої пшениці, особливо в інтенсивних системах землеробства. Їх застосування дозволяє обмежити вплив шкідливих організмів, бур'янів, хвороб, які можуть знижувати врожайність культури на від 20 % до 50% і навіть більше. Однак максимальна ефективність досягається лише за умови інтегрованого підходу до захисту рослин – з урахуванням сівозміни, агрофону, сортових особливостей і регламентів використання препаратів. Крім того на ефективність дії пестицидів суттєвий вплив має рівномірність внесення робочих розчинів, так як норми внесення діючих речовин може становити від 0,2 л/га до 2...3 л/га. Тому, основною задачею машин для внесення засобів захисту є рівномірне розподілення необхідної концентрації речовини на всій площі вирощування будь якої культури.

Сучасні причіпні та самохідні обприскувачі забезпечують високу якість розподілення робочого розчину за умови мінімальних люфтів у з'єднаннях їх штанг та механізмів копіювання (встановлення висоти над рівнем рослин). При спрацюванні даних рухомих з'єднань спостерігається зростання коливань

штанги, як у вертикальному напрямку, так і в напрямку руху МТА. Ці коливання суттєво впливають на рівномірність розподілення робочого розчину по оброблюваній площі, погіршуючи якісні показники роботи обприскувача.

Тому метою дипломного проекту є удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої шляхом модернізації механізму розташування штанги причіпного обприскувача.

Задачі дипломного проекту:

1. Проаналізувати динаміку вирощування пшениці озимої, її врожайності. Розглянути вплив застосування пестицидів на врожайність пшениці.
2. Розробити план механізованих робіт виробництва пшениці озимої.
3. Запропонувати технічне рішення щодо удосконалення конструкції обприскувача для підвищення рівномірності внесення пестицидів. Виконати перевіірочні розрахунки запропонованого рішення.
4. Розробити операційну технологію на обприскування посівів пшениці озимої.
5. Розглянути вимоги безпеки при виконанні технологічної операції обприскування.
6. Виконати техніко-економічну оцінку проекту.

1. СТАН ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ПЕСТИЦИДІВ НА ЇЇ ВРОЖАЙНІСТЬ

1.1 Посівні площі та врожайність пшениці озимої

Озима пшениця займає важливе місце в сівозміні як одна з провідних зернових культур. Її правильне розміщення в структурі сівозміни сприяє підвищенню врожайності, покращенню фітосанітарного стану ґрунтів і раціональному використанню вологи та поживних речовин. Найкращими попередниками для озимої пшениці вважаються чорний пар, зернобобові, ранні ярі культури, кукурудза на силос і багаторічні трави на один укос. Ці культури звільняють поле рано, залишають після себе добру структуру ґрунту, забезпечують його органічними речовинами та, як правило, не спричиняють нагромадження шкідників і збудників хвороб, спільних із пшеницею. У сівозмінах пшеницю не рекомендується висівати після себе або інших зернових (особливо ячменю), оскільки це підвищує ризик розвитку хвороб (зокрема кореневих гнилей, сажкових хвороб) і зменшує родючість ґрунту. Дотримання сівозмін із поверненням озимої пшениці на те саме поле не частіше, ніж раз на 3–4 роки, дозволяє зберігати стабільну продуктивність і екологічну рівновагу в агроценозі.

Динаміка посівних площ озимої пшениці в Україні за останні чотири роки відображає значні коливання [1], зумовлені як агрокліматичними умовами, так і впливом повномасштабної війни (рис. 1.1).

Після 2021 року спостерігається значне зменшення посівних площ озимої пшениці, особливо у 2023 році, що пов'язано з військовими діями та окупацією частини територій. У 2024 році зафіксовано незначне зростання посівних площ, а на 2025 рік прогнозується подальше збільшення до 5 млн га. Незважаючи на несприятливі погодні умови, зокрема посуху восени 2024 року, аграрії сподіваються на сприятливу зиму та весну для забезпечення гарного врожаю.

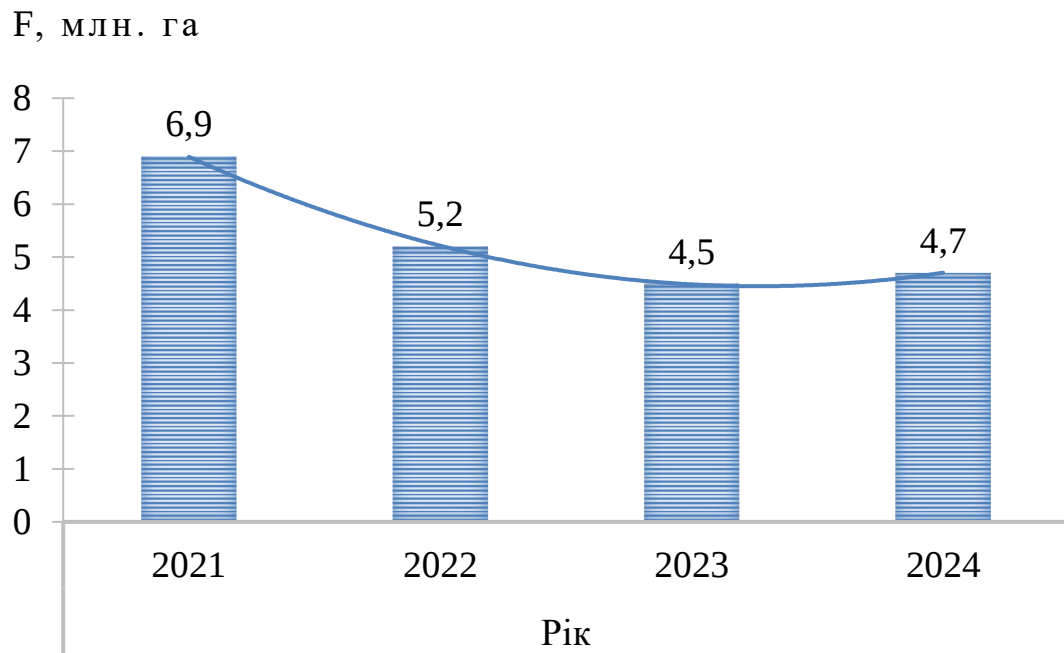


Рисунок 1.1 – Динаміка врожайності пшениці за останні чотири роки
(розроблено автором на основі даних [1])

Урожайність даної культури [2] також мала суттєві зміни протягом досліджуваного періоду (рис. 1.2). Серед основних чинників – погодні умови та проблеми із забезпеченням необхідного до строків вегетації живлення рослин, зокрема в 2022 році, що обумовлено повномасштабною війною.

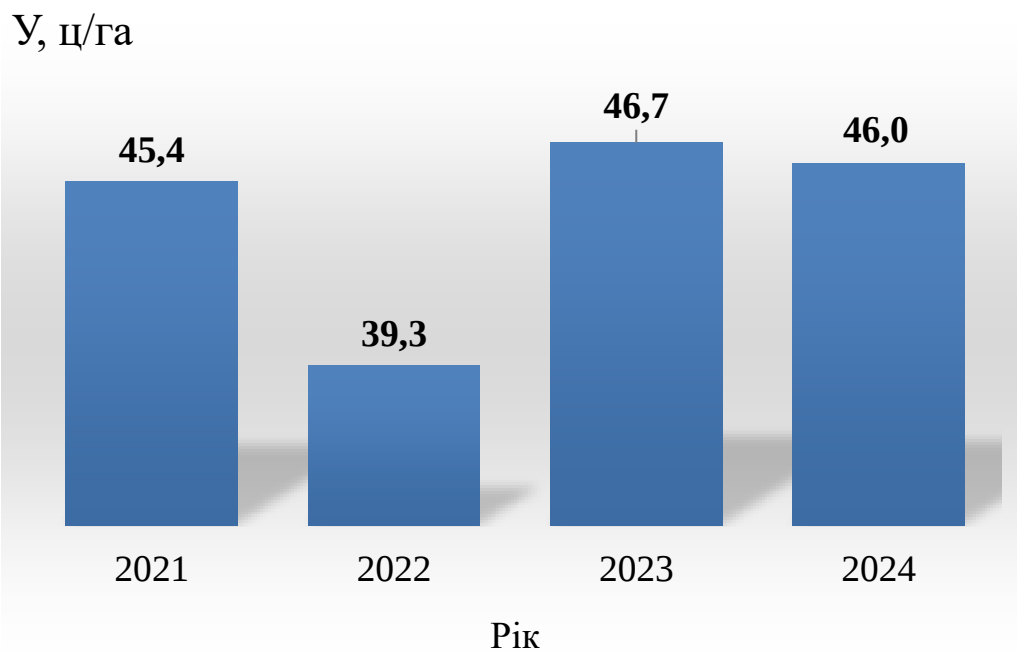


Рисунок 1.2 – Урожайність пшениці озимої в розрізі 2021-2024 рр.
(розроблено автором на основі даних [1])

Найменша врожайність (рис. 1.2) за останні чотири роки була зафіксована у 2022 році, саме в рік початку повномасштабної війни росії. У 2023 зафіксована найбільша врожайність за вказані роки – 46,7 ц/га, зростання у порівнянні із 2022 р. склало – 18,8 %.

При цьому, дуже часто при збільшенні валового збору спостерігається ускладнення щодо реалізації врожаю, так як закупівельна ціна зазвичай суттєво зменшується. Так як Україна більшість врожаю пшениці експортує, то це має вагомий вплив на обсяги валютної виручки.

Україна – один із ключових експортерів пшениці у світі. У різні роки вона входила до п'ятірки провідних постачальників, поряд з росією, ЄС, США, Канадою та Австралією. Основна частина української пшениці експортується морем – через порти Чорного моря.

Динаміка обсягів валового збору та експорту пшениці озимої протягом останніх чотирьох експортних років представлено на рис. 1.3.

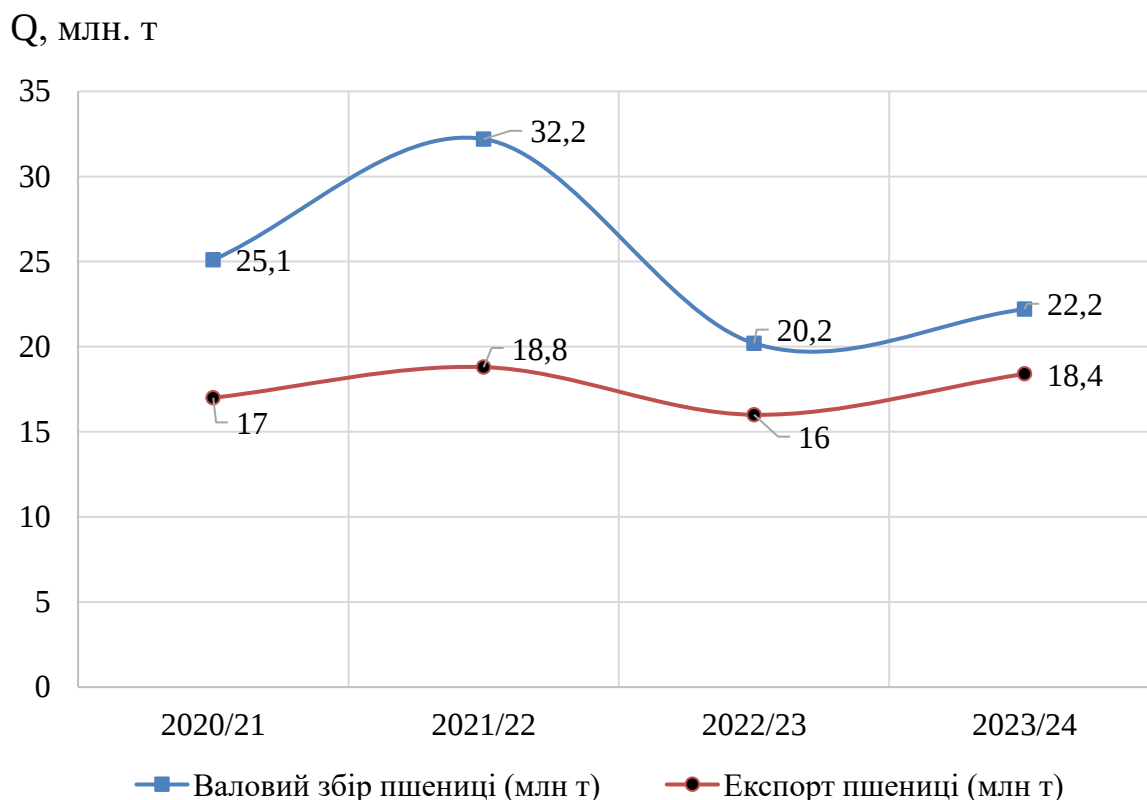


Рисунок 1.3 – Валовий збір та експорт пшениці Україною за 2020-2024 рр.
(розроблено автором за даними [1-4])

До 2022 року експорт пшениці був стабільним, і щорічно становив 16...20 млн тон. Озима пшениця складає понад 95% всього виробленого та експортованого обсягу пшениці.

У лютому 2022 року практично був зупинений експорт на кілька місяців. Після так званої зернової угоди 2022-2023 рр. було часткове відновлення експорту через не окуповані південні порти. У 2023 році Україна запровадила власний гуманітарний коридор через Дунай і узбережжя Румунії, що дозволило вивозити зерно попри російську блокаду. Зростання логістичних витрат призвело до зменшення рентабельності експорту. При цьому значно зросла роль ЄС, так як значні обсяги почали експортуватися через суходіл до портів Польщі, Румунії, Литви.

У 2023/24 маркетинговому році експорт пшениці зріс до 18,4 млн тон завдяки відкриттю гуманітарного морського коридору та впровадженню механізму страхування суден, що зменшило логістичні витрати для експортерів [3]. До 2022 року менше 2% української пшениці експортувалося до Європи, але після початку війни цей показник зріс до 52%, тоді як частка країн Близького Сходу та Північної Африки зменшилася з 50% до 29% [3]. Очікується зменшення експорту пшениці у 2024-25 м/р до 14 млн т через скорочення виробництва до 19–20 млн т та зменшення запасів.

1.2 Вплив пестицидів на врожайність пшениці

Пестициди відіграють важливу роль у забезпеченні врожайності озимої пшениці, особливо в інтенсивних системах землеробства. Їх застосування дозволяє обмежити вплив шкідливих організмів, бур'янів, хвороб, які можуть знижувати врожайність культури на від 20 % до 50% і навіть більше. Водночас використання пестицидів не є однозначно позитивним і має як агрономічні, так і екологічні наслідки. Виконаємо огляд літературних джерел щодо ефективності застосування пестицидів при вирощуванні пшениці озимої.

Згідно з даними досліджень, опублікованих в [5], застосування гербіцидів у фазі кушіння пшениці дозволяє зменшити забур'яненість посівів на 70–90% залежно від складу бур'янів, що позитивно корелює зі збільшенням маси зерна з колоса і густоти продуктивного стеблостою. Також зазначається, що при обробці озимої пшениці фунгіцидами в період прапорцевого листка – колосіння урожайність зростала в середньому на 0,6–1,4 т/га. Це пояснюється зменшенням ураженості посівів збудниками септоріозу, фузаріозу колоса та бурої іржі, які особливо активні в умовах підвищеної вологості.

Однак у низці джерел, зокрема у звітах Інституту захисту рослин НААН України [6, 7], наголошується, що ефективність пестицидів залежить не лише від діючої речовини, а й від технології їх внесення, погодних умов і фітосанітарного стану поля. Наприклад, нераціональне або запізнile застосування фунгіцидів може мати обмежений або взагалі нульовий вплив на урожай. Крім того, надмірне або повторне використання одного і того самого препарату сприяє розвитку резистентності у патогенів і шкідників, що ускладнює подальший захист культури.

У роботі [8] наведено результати впливу системи удобрення та догляду за посівами пшениці на її врожайність. У вказаній роботі встановлено, що застосування мікродобрива «Оракул колофермин фосфору» у нормі 2,5 л/га шляхом позакореневого обробітку після відновлення весняної вегетації, на тлі внесення азотних добрив, сприяло зростанню урожайності озимої пшениці на 4...5% порівняно з контролем. Крім того, дворазова обробка стимулятором росту «Вимпел 2», у поєднанні з вказаним мікродобривом та засобами захисту рослин у фазах кушіння і прапорцевого листка, забезпечила приріст збору зерна на 10,9%. Таким чином, очевидним є те, що забезпечити максимальну врожайність пшениці можна шляхом оптимізації використання добрив, як у вигляді кореневого підживлення, так і позакореневим, з широким спектром застосування пестицидів.

Широке застосування пестицидів має й певні недоліки, зокрема це вплив залишкових кількостей пестицидів у ґрунті на мікрофлору та біологічну активність. Дослідження, зокрема у працях [9], свідчать, що систематичне застосування деяких гербіцидів може знижувати активність азотфіксувальних бактерій, погіршуючи агрохімічні показники ґрунту, а отже і потенціал пшениці до формування стабільного врожаю в довготривалій перспективі.

У роботах [10, 11] з'ясовано, що однорідність розподілу робочої рідини по ширині захоплення під час хімічного обробітку рослин суттєво залежить від стабільності навісної штанги обприскувача. Коливання штанги негативно впливають на якість процесу, спричиняючи нерівномірне внесення препарату. Дослідження підтвердили, що недостатнє демпфування рухів штанги посилює дію динамічних навантажень, які викликають локальні напруження в її металевій конструкції. Це, у свою чергу, сприяє утворенню корозійно-втомних тріщин у зонах найбільшого навантаження.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що пестициди є невід'ємною складовою сучасного землеробства і мають безпосередній вплив на рівень урожайності озимої пшениці. Їх застосування дозволяє істотно підвищити реалізацію генетичного потенціалу сорту, зберігши посіви від втрат. Однак максимальна ефективність досягається лише за умови інтегрованого підходу до захисту рослин – з урахуванням сівозміни, агрофону, сортових особливостей і регламентів використання препаратів. Крім того, екологічні та довгострокові ризики потребують постійного моніторингу та оптимізації системи захисту з фокусом на сталий розвиток агросистем.

Для оптимальної оцінки роботи машин для внесення робочих розчинів пестицидів необхідно виконати огляд особливостей їх конструкцій.

1.3 Огляд конструкцій машин для внесення хімічних засобів захисту

Норми внесення діючих речовин у розрахунку на одиницю площі незначний та може становити від декількох сотень грам до декількох літрів. Тому

забезпечити її рівномірне покриття поверхні безпосередньо практично неможливо. Тому, зазвичай використовують робочі суміші: водні або масляні розчини, мінерально-масляні та обернені емульсії, суспензії або дрібнодисперсні порошки [10,12]. До таких сумішей додають допоміжні речовини – емульгатори, стабілізатори та інші компоненти, що підвищують стабільність складу. Підготовлені суміші наносять за допомогою різних технологічних методів [10].

Під час механічного розпилення формується тонка плівка рідини, що покриває велику площу обробки [10]. Висока швидкість потоку рідини створює аеродинамічні сили, які розривають цю плівку, утворюючи мікрокраплини. Їхній розмір визначається умовами обробки й фізичними властивостями самої рідини. При цьому виділяють також двофазне розпилення, характерне для авіаційного обприскування, коли первинні краплі, утворені при виході з сопла, додатково подрібнюються у повітряному потоці. Окрім руйнування рідинної плівки, можливе й зворотне явище – коагуляція частинок, що зливаються під впливом руху й турбулентності.

Інший серед розповсюджених способів є утворення заряджених аерозолів у електричному полі. Частинки препарату, наділені зарядом, притягуються до поверхні, що обробляється, забезпечуючи рівномірне осідання. Існують також зв'язані аерозолі, в яких краплі об'єднуються з полімерними нитками, що сприяє кращому покриттю поверхні через утворення плівки під дією сили тяжіння. Аерозольне нанесення порошків базується на тонкому поділі твердих або рідких речовин до частинок, здатних рівномірно осідати на об'єкті.

При конденсаційному способі утворюється перенасичена пара, що, охолоджуючись, конденсується у вигляді дрібних краплин [10]. У термомеханічному методі утворення аерозолу відбувається в генераторі, де розчин пестициду потрапляє у потік гарячого газу. У цьому потоці рідина випаровується, формуючи пару, яка, досягнувши об'єкта, конденсується і рівномірно його покриває.

Ці методи дають змогу ефективно наносити пестициди, враховуючи специфіку препарату, спосіб обробки та вимоги до покриття. Для їх реалізації

виробники обприскувачів розробляють різноманітні конструкції та системи для забезпечення рівномірності внесення робочого розчину.

Обприскувачі для внесення робочих розчинів за способом агрегування бувають: навісними, причіпними та самохідними. Кожен із цих типів машин має свою нішу в різноманітних сільськогосподарських господарствах.

Навісні обприскувачі встановлюються безпосередньо на три-точкову навіску трактора. Вони компактні, прості в обслуговуванні, мають невелику масу та порівняно низьку вартість. Такі агрегати ефективні на малих і середніх площах, особливо в умовах обмеженого простору, на ділянках із нерівним рельєфом або в міжряддях. Проте об'єм їхнього бака обмежений (переважно до 1000 л), а робоча ширина штанги не перевищує 12–18 м, що зменшує продуктивність на великих полях.

Одним із таких обприскувачів є навісний ОНШ (К) (рис. 1.4), який складається з бака ємністю 1000 л, насоса, арматури, рами із стрілами шириною захвату 14 або 16 м [13].



Рисунок 1.4 – Обприскувач ОНШ (К) (джерело [13])

Схожу конструкцію має навісний обприскувач закордонного виробництва Jar-Met-1000 (рис. 1.5) [14]. Він також складається із рами, штанг до 16 м, насос-помпи для створення потоку рідини, розподільчої апаратури, трубопроводів та форсунок.



Рисунок 1.5 – Навісний обприскувач Jar-Met-1000 (джерело [14])

Одним із представників навісних обприскувачів є машини серії ОНП VINMET (рис. 1.6), що можуть бути обладнані баками з ємністю від 200 л до 1000 л [15]. Ширина захвату штанги обприскувача може мати ширину від 10 м до 14 м. Модель із баком ємністю 1000 л призначена для агрегування з трактором від 80 к.с.



Рисунок 1.6 – Навісний обприскувач ОНП VINMET (джерело [15])

Як видно з наведеного огляду навісні конструкції обприскувачів однотипні та мають стандартну комплектацію. Такого типу обприскувачі мають ряд переваг: невисоку вартість, можливість роботи на невеликих ділянках, агрегування з малопотужними тракторами. Проте є й ряд недоліків, а саме відсутність систем горизонтальної стабілізації штанги при її коливаннях (нерівномірне внесення робочого розчину), незначна продуктивність, відсутність вбудованих систем точного землеробства.

Причіпні обприскувачі буксуються трактором і мають значно більші баки (від 2000 л до 5000...6000 л), ширші штанги (до 36 м і більше) та кращу автономність. Вони дозволяють охоплювати більші площі з меншими витратами часу на заправку. Багато моделей оснащена системами стабілізації штанги, автоматичного регулювання норми внесення та GPS-навігацією. Проте для їх ефективної експлуатації потрібні трактори з достатньою потужністю та відповідними умовами транспортування.

Причіпні обприскувачі вирізняються передусім своєю універсальністю, поєднуючи риси як навісних, так і самохідних машин. Їх застосування охоплює найширший спектр агротехнічних завдань. За ключовими характеристиками –

об'ємом бака, шириною штанги, зручністю у використанні вони цілком здатні конкурувати з самохідними аналогами. Фактично, єдиною істотною різницею між самохідним і причіпним обприскувачем є наявність силової установки [16, 17]. Через це останні дещо поступаються в маневреності та потребують більше зусиль при обслуговуванні, проте залишаються значно доступнішими за ціною. На відміну від навісних моделей, причіпні не обмежені несучою здатністю навіски трактора, тому можуть мати більший бак і ширшу штангу. Таким чином, за продуктивністю вони часто перевершують навісні, а за вартістю менші за самохідні моделі. Основним недоліком причіпного обприскувача в порівнянні із самохідними є обмеження щодо висоти рослин, по яких він може працювати. Через кліренс трактора та конструкційні особливості обприскувача висота обробки зазвичай не перевищує 70...90 см. Крім того, на вологих або нерівних ділянках самохідна техніка демонструє кращу прохідність завдяки рівномірному тяговому зусиллю на всі колеса, в той час як причіпний МТА може буксувати або навіть застрягти.

Завдяки цьому балансуванню між функціональністю і ціною, причіпні обприскувачі впевнено займають середню нішу на ринку. Вони підходять і для невеликих господарств, і для великих агропідприємств. Там, де навісні агрегати обмежені масштабами робіт, а самохідна техніка є фінансово недосяжною, причіпні обприскувачі стають оптимальним вибором [16].

Багато сучасних причіпних обприскувачів мають можливість автоматичного контролю норми внесення з врахуванням швидкості руху, можливість відключення окремих штанг та ін.

Одним із передових виробників причіпних обприскувачів є німецька компанія AMAZONE (рис. 1.7). Останні моделі обприскувачі даного виробника серії UX будуть актуальними як для середніх, так і для великих господарств, які займаються вирощування зернових культур.



Рисунок 1.7 – Причіпний обприскувач AMAZONE серії UX (джерело [17])

Виробник даного обприскувача для забезпечення зменшення травмування культурних рослин впровадив систему Trail Trol [17], що відповідає за точне пересування у слід трактора. За рахунок зменшення кількості травмованих рослин можна підвищити загальну врожайність з поля.

Для підтримки високої якості внесення робочих розчинів дані обприскувачі обладнують електронною системою дистанційного контролю дозування [17]. Завдяки електромагнітним клапанам відбувається індивідуальне керування секціями їх увімкнення або вимкнення. Крім того, до комплектації входить система зворотного потоку рідини, що дає змогу регулювати тиск окремих секцій без переривання роботи.

Причіпні обприскувачі John Deere серії M700 (рис. 1.8) призначені для обробки як польових культур, так і садових насаджень [18]. Вони забезпечують рівномірне внесення рідких препаратів, зокрема фунгіцидів, інсектицидів та інших засобів захисту рослин, необхідних для їх здорового росту та захисту від шкідників з можливістю роботи з високоточною системою GPS навігації.



Рисунок 1.8 – Причіпний обприскувач John Deere серії М 700 (джерело [18])

Виробник пропонує додаткову система Field Doc, яка автоматично фіксує всі операції обприскування [18]. Зібрані дані зручно передавати на комп'ютер для подальшого аналізу. Також доступна функція Spray-to-Map, яка дозволяє використовувати карти приписів [18]. Якщо є потреба в диференційованому внесенні добрив, гербіцидів, фунгіцидів чи регуляторів росту, достатньо створити відповідну карту на офісному ПК та імпортувати її в дисплей GreenStar 2630, і машина виконає внесення препаратів згідно з заданими нормами. Одним із рішень є встановлення лічильника наповнення бака, що значно полегшує планування робіт. Він дозволяє точно визначити обсяг кожного хімікату, необхідного для повного або часткового заповнення бака, позбавляючи потреби робити розрахунки вручну.

Для забезпечення точності ходу штанги по висоті та рівномірності внесення пестицидів обприскувач обладнано центральним маятниковим механізмом, підвісками штанг, демпферами в гідроциліндрах, шарніри із точками мащення.

Схожі конструкції використовують й інші виробники причіпних обприскувачів [17, 19] (рис. 1.9).



а



б

Рисунок 1.9 – Причіпні обприскувачі виробництва: а – LEMKEN ;
б – MASCHIO GASPARDO (джерела [17, 19])

Причіпні обприскувачі мають одну суттєву перевагу у порівнянні з самохідними – відносно низька вартість.

Самохідні обприскувачі є найпродуктивнішими і технологічно досконалими. Вони мають власний двигун, високу прохідність і здатність працювати на високій швидкості навіть на складному рельєфі. Їхні баки можуть містити до 6 000 л, а штанги сягати 36–40 м, що забезпечує максимальну ефективність на великих полях. Такі машини часто оснащені передовими електронними системами – автопілотом, датчиками висоти штанги, секційним відключенням і системами контролю норми внесення в реальному часі. Основним обмеженням є їх висока вартість, яка може сягати 15...20 млн. грн., складність технічного обслуговування та потреба в кваліфікованому персоналі.

Узагальнюючи, вибір між цими типами обприскувачів залежить від виробничих масштабів, фінансових можливостей господарства та агротехнічних вимог. Навісні моделі – оптимальні для дрібних і середніх фермерів, причіпні – для середніх і великих господарств, тоді як самохідні – для високопродуктивного промислового землеробства з акцентом на точне землеробство.

Для умов невеликих та середніх господарств можливостей причіпних обприскувачів достатньо для реалізації якісної системи захисту посівних площ. Розглянуті причіпні обприскувачі забезпечують високу якість розподілення

робочого розчину за умови мінімальних люфтів у з'єднаннях їх штанг та механізмів копіювання (встановлення висоти над рівнем рослин). При спрацюванні даних рухомих з'єднань спостерігається зростання коливань штанги, як у вертикальному напрямку, так і в напрямку руху МТА.

Розглянуті причіпні обприскувачі забезпечують високу якість розподілення робочого розчину за умови мінімальних люфтів у з'єднаннях їх штанг та механізмів копіювання (встановлення висоти над рівнем рослин). При спрацюванні даних рухомих з'єднань спостерігається зростання коливань штанги, як у вертикальному напрямку, так і в напрямку руху МТА.

1.4 Обґрунтування теми дипломного проєкту

Озима пшениця займає важливе місце в сівозміні як одна з провідних зернових культур. Її правильне розміщення в структурі сівозміни сприяє підвищенню врожайності, покращенню фітосанітарного стану ґрунтів і раціональному використанню вологи та поживних речовин. Україна – один із ключових експортерів пшениці у світі. У різні роки вона входила до п'ятірки провідних постачальників, поряд з росією, ЄС, США, Канадою та Австралією.

Пестициди відіграють важливу роль у забезпеченні врожайності озимої пшениці, особливо в інтенсивних системах землеробства. Їх застосування дозволяє обмежити вплив шкідливих організмів, бур'янів, хвороб, які можуть знижувати врожайність культури на від 20 % до 50% і навіть більше. Водночас використання пестицидів не є однозначно позитивним і має як агрономічні, так і екологічні наслідки. Однак максимальна ефективність досягається лише за умови інтегрованого підходу до захисту рослин – з урахуванням сівозміни, агрофону, сортових особливостей і регламентів використання препаратів. Крім того на ефективність дії пестицидів суттєвий вплив має рівномірність внесення робочих розчинів, так як норми внесення діючих речовин може становити від 0,2 л/га до 2...3 л/га. Тому основна задача машин для внесення засобів захисту є

рівномірне розподілення необхідної концентрації речовини на всій площі вирощування будь якої культури.

Розглянуті причіпні обприскувачі забезпечують високу якість розподілення робочого розчину за умови мінімальних люфтів у з'єднаннях їх штанг та механізмів копіювання (встановлення висоти над рівнем рослин). При спрацюванні даних рухомих з'єднань спостерігається зростання коливань штанги, як у вертикальному напрямку, так і в напрямку руху МТА.

Тому метою дипломного проекту є удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої шляхом модернізації механізму розташування штанги причіпного обприскувача.

Задачі дипломного проекту:

1. Проаналізувати динаміку вирощування пшениці озимої, її врожайності. Розглянути вплив застосування пестицидів на врожайність пшениці.
2. Розробити план механізованих робіт виробництва пшениці озимої.
3. Запропонувати технічне рішення щодо удосконалення конструкції обприскувача для підвищення рівномірності внесення пестицидів. Виконати перевіірочні розрахунки запропонованого рішення.
4. Розробити операційну технологію на обприскування посівів пшениці озимої.
5. Розглянути вимоги безпеки при виконанні технологічної операції обприскування.
6. Виконати техніко-економічну оцінку проекту.

2. РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

2.1 Обґрунтування переліку основних технологічних операцій для вирощування пшениці озимої

Проведений аналіз у попередньому розділі дозволив встановити, що використання пестицидів дозволяє суттєво підвищити врожайність пшениці озимої. В дипломному проєкті обираємо мінімальну технологію вирощування пшениці озимої. Так як така технологія дає більше позитивного результату при вирощуванні в зоні так званого ризикованого землеробства, до якої відноситься Дніпропетровська область.

В системі обробітку ґрунту планується проведення дискування стерні озимого ріпаку на глибину 12...14 см. Основна задача цієї технологічної операції це подрібнення пожнивних решток та загортання їх в ґрунту та подальше їх використання як органічних добрив. Крім того вказана технологічна операція провокує проростання бур'янів, які будуть знищені наступною операцією з обробітку ґрунту. Перед виконання сівби планується виконати внесення мінеральних добрив, а саме СуперАгро з нормою 100 кг/га, шляхом поверхневого внесення.

Для сівби будемо використовувати МТА у складі трактора Case MX310 та посівного комплексу John Deere-730 та пневматичного бункера-причепа John Deere 1910. Даний посівний комплекс призначений не тільки для виконання сівби, а й одночасного проведення передпосівного обробітку ґрунту за рахунок рядів стрілчастих лап в передній його частині. Сівбу планується виконувати з нормою 4,5 млн. шт/га, з одночасним внесенням діамофосу нормою 100 кг/га.

Після сівби планується проведення комплексу технологічних операцій з догляду за посівами пшениці, що містить операції з підживлення та внесення робочих розчинів пестицидів. Внесення пестицидів планується застосовувати причіпний обприскувач John Deere 732 та трактор John Deere-6125R. Внесення

добри́в виконується МТА, який складається з трактора МТЗ-892 та розкидача добрив Donder Pro 1500.

При досягненні фази кушення пшениці озимої необхідно виконати внесення гербіциду Діанат, нормою 200 г/га та Грандстар, з нормою 30 г/га, в обсязі робочого розчину 120 л/га. На початку березня місяця необхідно виконати перше підживлення пшениці за допомогою розкидача добрив з нормою 100 кг/га сульфату амонію.

Орієнтовно в середині-кінці квітня місяця для оптимізації розвитку рослин та їх захисту від хвороб планується виконати внесення фунгіциду Дерозал, нормою 0,5 л/га та регулятора росту Хлормекват Хлорид, з нормою 1,1 л/га. Обсяг робочого розчину аналогічний попередньому внесенню. В другій половині травня місяця для якісного знищення бур'янів, захисту від шкідників та позакореневого підживлення пшениці озимої проводимо внесення таких препаратів у водному розчині: гербіцид Аканто Плюс – 0,7 л/га; інсектицид Фаскорд – 0,15 кг/га; добрив гумат калію – 0,3 л/га та КАС-32 – 5 кг/га. Це дозволить суттєво підвищити стійкість рослин до негативного впливу шкідників, які масово починають розвиватися та сприяти початку формування колосу.

Останньою технологічною операцією в системі догляду за посівами пшениці є внесення пестицидів для захисту від швороб та шкідників та підживлення у фазі наливу зерна. Для цього проводимо внесення фунгіциду Рекс Дуо (з нормою 0,5 л/га), інсектициду Фастак (з нормою 100 г/га) та сульфату магнію з нормою 5 кг/га.

Збирання проводимо прямим комбайнуванням самохідним комбайном Case 2388. Перевезення врожаю виконуємо за допомогою автопотягу на основі вантажного автомобіля.

2.2 Розрахунок складових плану вирощування пшениці озимої

План механізованих робіт розробляємо на основі наведених технологічних операцій, рекомендованих строків їх проведення та відомої методики розрахунку

його складових [20]. Окрім вказаних у попередньому пункті основних технологічних, обов'язково необхідно вносити й допоміжні операції перевезення (посівного матеріалу, добрив, води) та процеси їх навантаження-розвантаження.

План механізованих робіт включає 23 колонки, що містять ключову узагальнену інформацію, необхідну для вирощування сільськогосподарської культури. Заповнення технологічної карти починається з зазначення порядкового номера, назви операції та агротехнічних вимог до її виконання. У п'ятій колонці вказується загальний обсяг робіт. Виходячи з наявного парку машинно-тракторних агрегатів господарства, визначають оптимальні склади МТА для кожної операції, які заносять у колонки 9–11. Для вибраних агрегатів у колонки 14 і 19 вносять нормативи виробітку та витрати пального відповідно до умов виконання робіт.

Проведено, як приклад, розрахунки для технологічної операції внесення хімічних засобів захисту трактором John Deere 6125R та обприскувача John Deere 732.

Виробіток за годину робочого часу зміни, колонка 13, при виконанні технологічних операцій визначаємо за виразом [20]:

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{T_{зм}} \quad (2.1)$$

де $W_{год}$ – виробіток за годину роботи МТА, га/год;

$T_{зм}$ – нормативний час зміни, год. Приймається 6 год при виконанні робіт з добривами та пестицидами та 7 год – для всіх інших робіт;

$W_{зм}$ – виробіток МТА протягом зміни, га/зм.

Виробіток МТА обирають відповідно до нормативних показників, встановлених для господарства, або з довідкової літератури, у випадку їх відсутності на підприємстві [21-23].

Для технологічної операції внесення пестицидів обраним агрегатом приймаємо виробіток рівний 148,2 га/зм. Враховуючи час зміни – 6 годин, отримаємо:

$$W_{\text{год}} = \frac{148,2}{6} = 24,7 \text{ га/год}$$

Обсяг роботи виконаний за добу (добовий виробіток) можна визначити за виразом [20]:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}}, \quad (2.2)$$

де $W_{\text{доб}}$ – виробіток МТА за добу, га/доб.;

$T_{\text{доб}}$ – тривалість роботи протягом доби. Зазвичай встановлюють кратну тривалості зміни, але можливі й часткові значення. Встановлюється у відповідності до регламенту у господарстві. Для технологічної операції обприскування приймаємо 12 годин.

Отже маємо:

$$W_{\text{доб}} = 24,7 \cdot 12 = 296,4 \text{ га / добу}$$

Мінімальну кількість МТА, які необхідні для виконання технологічної операції відповідно до встановлених термінів розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p}, \quad (2.3)$$

де n – кількість МТА, од;

Q – обсяг виконання технологічної операції, га або т;

D_p – тривалість виконання технологічної операції відповідно до агротехнічних вимог технології вирощування, діб. Проведення хімічного захисту планується виконувати відповідно до плану механізованих робіт протягом не більше 5 діб.

Отже маємо кількість МТА для виконання обприскування:

$$n = \frac{290}{296,4 \cdot 5} = 0,19 \text{ од.}$$

Отримане значення округлюємо до меншого цілого значення, для операції обприскування приймаємо 1 агрегат.

Після розрахунку потреб у кількості МТА необхідно вказати кількість основного персоналу (механізаторів) та допоміжного персоналу, що задіяні при виконанні технологічної операції (стовпчики № 17 та №18 відповідно). Кількість основних працівників встановлюють відповідно до кількості змін роботи протягом доби та організації робочого дня у господарстві.

Нормативні значення витрат пального на виконання кожної технологічної операції (стовпчик № 19) приймаємо з довідкової літератури [21-23] або за нормами, які діють у господарстві. При виконанні обприскування питома витрата пального складає 0,8 кг/га. Загальний обсяг палива для виконання операції на всій ділянці (полі) визначаємо за формулою:

$$G = g_1 \cdot \rho \cdot Q, \quad (2.4)$$

де G – сумарний обсяг палива необхідний для проведення операції при вирощуванні пшениці озимої, кг.

Для операції обприскування отримаємо:

$$G = 0,8 \cdot 290 = 232 \text{ кг}$$

Затрати праці на одиницю виконаної роботи визначаємо за виразом:

$$Z_n = \frac{m_{\text{мех}} + m_{\text{дон}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.5)$$

де $m_{\text{мех}}, m_{\text{дон}}$ – кількість обслуговуючого персоналу, відповідно механізаторів та допоміжних працівників (при роботі в 1 зміну).

Для технологічної операції обприскування маємо:

$$Z_n = \frac{1}{24,7} = 0,04 \text{ люд-год/га}$$

Сумарні витрати робочого часу для проведення технологічної операції на всій плановій площі вирощування розраховуємо за формулою:

$$Z_n = 0,04 \cdot 290 = 11,74 \text{ люд-год.}$$

Кількість змін нормативної тривалості визначаємо за формулою [20]:

$$H_{зм} = \frac{Q}{T_{зм} \cdot W_{200}} = \frac{Q}{W_{зм}}, \quad (2.6)$$

де $H_{зм}$ – загальна кількість нормо-змін;

Для технологічної операції обприскування отримаємо:

$$H_{зм} = \frac{290}{148,2} = 1,96 \text{ нормо-змін}$$

Для інших технологічних операцій наведених у попередньому пункті виконуємо розрахунки за аналогічною методикою. План механізованих робіт на вирощування пшениці вносимо до додатку А, результати розрахунків складок також заносимо до цього ж додатку.

Висновки до розділу. Наведено перелік основних технологічних операцій та їх значення в технології вирощування пшениці озимої. Розроблено технологічну карту вирощування пшениці, проведені розрахунки всіх її складових. Встановлено, що витрата палива за розробленою технологією, у розрахунку на 1 га, становить 31,8 кг. Затрати праці на одиницю роботи складають 2,65 люд.-год/га. Потреба в дизельному паливі на вирощування пшениці озимої на площі 290 га становить 8656 кг.

2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОБПРИСКУВАЧА

JOHN DEERE 732

3.1 Аналіз стану питання щодо шляхів підвищення стійкості штанг обприскувача

Ефективність використання пестицидів значною мірою залежить від якості обприскування, оскільки саме вона визначає, яка частка препарату потрапить на цільовий об'єкт – цей показник може варіюватися від 10 до 90%, тоді як решта препарату забруднює навколишнє середовище. Зважаючи на те, що витрати на сам процес обприскування у кілька разів нижчі за вартість препаратів, головну увагу варто приділяти не економії на внесенні, а забезпеченню його якісного виконання. Більшість виробників фокусуються на покращенні рівномірності розпилення й систем осадження крапель, при цьому мало уваги приділяється технічному стану окремих елементів обприскувача. Зокрема, для підвищення надійності й точності процесу внесення пестицидів важливе значення має стабільність положення штанг, що залежить від справності механізмів складання, підняття та фіксації, які містять багато вузлів тертя, здебільшого виготовлених зі сталі або бронзи. Робота в запилених і вологих умовах спричиняє швидке зношення цих з'єднань, що призводить до люфтів, які через велику довжину стріл (24–36 м) можуть суттєво впливати на точність обприскування.

Люфти у штанзі обприскувача істотно впливають на рівномірність внесення гербіциду і можуть суттєво знижувати ефективність обробки. Основні наслідки цього впливу:

1. *Нерівномірна висота штанги над поверхнею поля.* Через люфти штанга коливається, втрачаючи стабільність положення. Це призводить до того, що розпилювачі опиняються на різній висоті над рослинами або ґрунтом, змінюючи кут і зону покриття факелу розпилення.

2. *Зони з надлишковим або недостатнім внесенням робочого розчину.* При коливаннях штанги в окремих ділянках може спостерігатися перекриття факелів

або навпаки, утворення пропусків, що спричиняє перевитрату гербіциду або пропуск обробітку рослин чи бур'янів.

3. *Зниження ефективності дії препарату.* При надмірному внесенні можливе пригнічення культурних рослин, а при недостатньому, бур'яни шкідники чи хвороби не гинуть, що знижує загальну ефективність проведення такого захисту.

4. *Погіршення результатів навіть при використанні якісної техніки.* Навіть найсучасніші форсунки не зможуть забезпечити рівномірне розподілення робочого розчину, якщо штанга нестабільна через люфти, то точність обробки втрачена, ще до моменту потрапляння препарату на рослини.

Отже, люфти у штанзі це не просто механічна проблема, а критичний фактор, який впливає на агрономічну якість обприскування, ефективність використання засобів захисту рослин та економічну доцільність їх застосування. Сучасні засоби захисту рослин мають широку сумісність між собою. Тому часто, при внесення робочого розчину в ньому може бути присутні декілька препаратів, а той всі види пестицидів та добрив для позакореневого підживлення. Позакореневе підживлення має значну кількість переваг, у порівнянні із звичайним. Основна ж перевага це доставка поживних речовин одразу до листя та стебла. Але у випадку нерівномірності внесення таких добрив оприскувачем, можливі опіки рослин за рахунок високої їх концентрації.

Тому, розробка таких елементів тертя механізму контролю розташування штанг обприскувача, які мають вищу довговічність та зносостійкість є актуальним завданням.

У сучасному машинобудуванні дедалі частіше використовують неметалеві матеріали для рухомих і нерухомих з'єднань, зокрема метало фторопластові підшипники, які призначені для роботи у вузлах сухого тертя без використання мастил, що важливо для обладнання харчової, текстильної, паперової й хімічної промисловості [24]. Ці підшипники витримують великі навантаження (до 3500 кгс/см²) і працюють у широкому температурному діапазоні (-200 до +280°C), хоча при підвищенні температури вище +120°C їхня вантажопідйомність

поступово знижується. Коефіцієнт тертя залежить від режимів роботи та може змінюватися в межах 0,04–0,23.

Особливо ефективними є стрічкові метало фторопластові матеріали, в основі яких лежить сталева стрічка з антифрикційним шаром, заповненим фторопластом. Їх виготовляють методом точної штамповки, уникаючи абразивної обробки через ризик пошкодження антифрикційного шару, що зумовлює високі вимоги до точності виготовлення. Такі підшипники бувають нероз'ємні, роз'ємні та відкриті.

Підшипники з деревних пластиків мають хорошу зносостійкість, наближену до текстоліту й кольорових металів. Важливо враховувати напрямок навантаження щодо розташування шарів – торцеві поверхні мають вищу зносостійкість. Вони здатні працювати з меншим зношенням валів, ніж бронзові або чавунні аналоги. Їхня здатність вбирати вологу є недоліком, хоча при цьому вони добре змочуються водою, яку можна використовувати як мастило. Низький модуль пружності спричиняє надмірну пружність підшипників, що компенсується вкладишами малої товщини, щільно зібраними у касету. Через погану теплопровідність важливо правильно організувати змащування й відведення тепла.

Текстолітові підшипники ефективно працюють при температурах до 80°C і за різного змащування – водою або мастилом витримують навантаження до 35 МПа. Їх коефіцієнт тертя становить 0,07...0,08 із мастилом і 0,01...0,005 при змащуванні водою. Поліамідні втулки й вкладиші, виготовлені литтям під тиском, відзначаються низьким тертям, стійкістю до стирання, працюють за температур до 100°C і навантажень до 7 МПа, здебільшого з мінеральним мастилом. Капронові підшипники менш вантажопідйомні (до 2,5 МПа), однак можуть працювати без змащування при низьких навантаженнях і швидкостях; при цьому їх теплопровідність обмежує ефективність за високих швидкостей.

Підшипники пресованої деревини з просоченням використовують у легких умовах за невеликих навантажень і швидкостей. Раніше такі підшипники мали широке розповсюдження у конструкціях зернозбиральних комбайнів.

Вуглепластикові підшипники, завдяки вмісту вуглецевих наповнювачів, мають високу зносостійкість і придатні до роботи в агресивних середовищах без змащування [24-26]: у запиленому повітрі, стічних або морських водах. Технологія їх виготовлення схожа з обробкою реактопластів і включає пресування при високих температурах і тиску з подальшою термообробкою для стабілізації властивостей.

3.2 Удосконалення конструкції обприскувача John Deere 732

В дипломному проекті пропонується виконати удосконалення вузлів тертя механізму переміщення та контролю розташування штанги обприскувача John Deere 732 шляхом використання деталей з матеріалів, що мають високу абразивну стійкість, властивість самозмащування та є безпечними для людей та зовнішнього середовища.

У науково-дослідній лабораторії кафедри експлуатації машинно-тракторного парку напрацьовано значний досвід у розробці та комплексному дослідженні новітніх композитних матеріалів неметалевого походження. Ці матеріали мають унікальні характеристики та властивості (табл. 3.1) [26].

Таблиця 3.1 – Основні властивості деяких композитів, розроблених у ДДАЕУ та сталі) [26]

Параметр	Назва матеріалів		
	СКММ-40Н	СКММ -30М	Сталь 20
Щільність, г / см ³	1,14	1,2	7,8
Ударна в'язкість, кДж/м ²	35	39	140
Межа міцності при стисканні, МПа	166	128-148	410
Коефіцієнти тертя за умови: - тертя без змащування - при змащуванні водою - при змащуванні оливою	0,16...0,24 0,02...0,03 0,01	0,18-0,26 0,06...0,08 0,018...0,03	0,75-0,8 - 0,16-0,2
Можливість рециклінгу	Так		Ні

Вказані матеріали у табл. 3.1, значно переважають традиційні метали за температуро- та зносостійкістю, мають нижчі коефіцієнти тертя і значно меншу питому вагу порівняно зі сталлю. Сукупність їх фізико-механічних характеристик відкриває широкі перспективи використання таких матеріалів у рухомих з'єднаннях сільськогосподарської техніки.

Розроблені матеріали відзначаються високою корозійною стійкістю, зручністю в обслуговуванні та ремонті, а також тим, що не спричиняють пошкоджень металевих деталей, з якими контактують. Їхня особливість полягає у здатності до вибіркового переносу під час тертя, що сприяє збереженню початкової геометрії сталевих елементів. Як показано в таблиці 1, використання сталі в таких вузлах є недоцільним, оскільки її надмірні характеристики міцності не реалізуються повною мірою, а високі коефіцієнти тертя знижують ефективність роботи, тоді як запропоновані матеріали демонструють кращі експлуатаційні властивості в подібних умовах.

Використання деталей із полімерно-композиційних матеріалів у вузлах тертя має низку суттєвих переваг, що робить їх усе більш актуальними в машинобудуванні, зокрема в аграрній техніці. Однією з ключових переваг є низький коефіцієнт тертя, завдяки якому зменшується опір руху між деталями, що не лише підвищує загальну ефективність роботи механізмів, але й знижує тяговий опір або затрати потужності на роботу механізмів. Окрім цього, ПКМ характеризуються високою зносостійкістю, яка забезпечує тривалий ресурс вузлів навіть за відсутності змащування або за умов роботи в агресивному чи запиленому середовищі, де традиційні метали швидко зношуються. Їхня мала питома вага, у кілька разів менша порівняно зі сталлю, дозволяє суттєво зменшити масу конструкцій, що в свою чергу знижує навантаження на опорні елементи машин, полегшує їх транспортування і сприяє загальному підвищенню маневреності техніки. Полімерні композити здатні працювати без мастила або з мінімальним його використанням, що особливо важливо у випадках, коли змазування є небажаним або утрудненим наприклад, у сільськогосподарських машинах, які працюють у важкодоступних місцях або на тривалих операціях. Це

не лише зменшує експлуатаційні витрати, а й підвищує надійність та екологічну безпечність техніки. Завдяки всім цим властивостям ПКМ розглядаються як перспективна альтернатива традиційним металам у вузлах тертя, особливо в умовах, де важливі легкість, зносостійкість і стабільна робота без інтенсивного технічного обслуговування.

На рис. 3.1 та 3.2 зображено механізм регулювання положення стріли обприскувача в просторі. Вказаний механізм забезпечує встановлення та підтримку штанги в необхідному положенні відносно поверхні обробки.

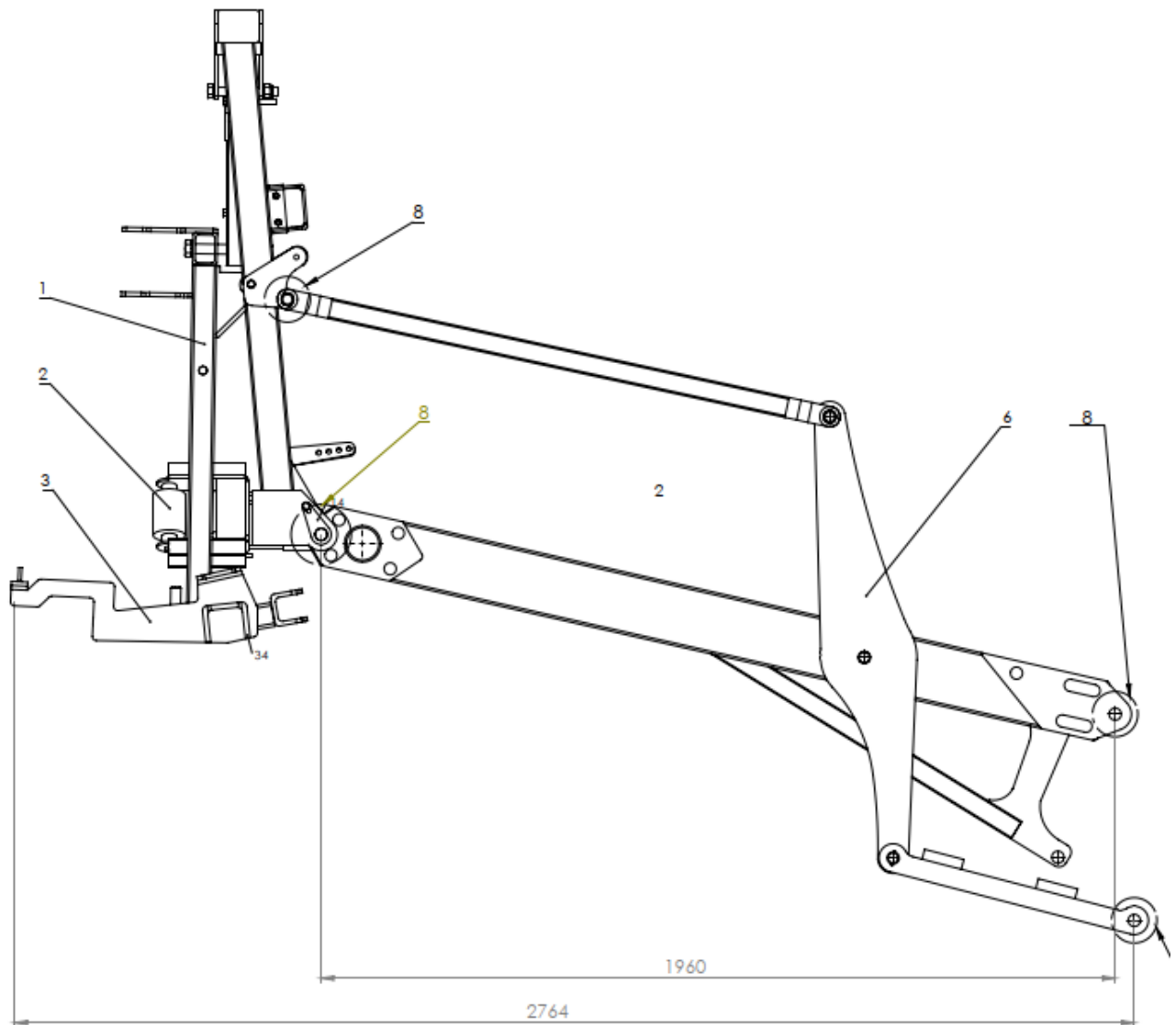


Рисунок 3.1 – Механізм піднімання-опускання та контролю висоти штанги обприскувача John Deere 732 (вид збоку)

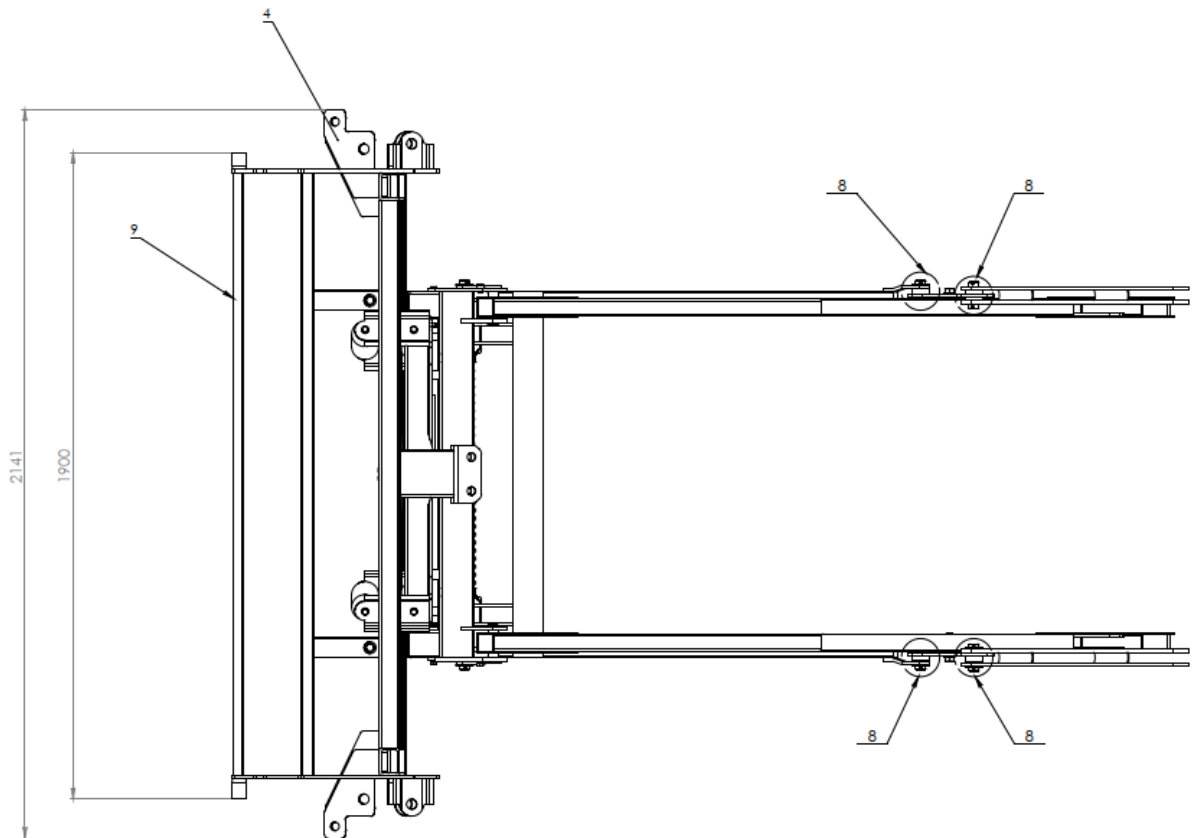


Рисунок 3.2 – Механізм піднімання-опускання та контролю висоти штанги обприскувача John Deere 732 (вид зверху)

Наведений механізм, для забезпечення точності позиціонування штанги на поверхню чи культуру, має значну кількість важелів та рухомих з'єднання (позиція 8 на рис. 3.1 та рис. 3.2). Дані вузли тертя це сталеві елементи із втулками із бронзи або порошкового матеріалу. При тривалій роботі без обслуговування та заміни відбувається знос сталевих елементів конструкції, і з'являється люфт, ліквідувати який заміною втулок просто неможливою. Виникнення навіть незначних люфтів у механізмі стабілізації штанги призводить до значного коливання штанг, кожна з яких має довжину майже 14 метрів. Крім того знос у вузлах тертя точок з'єднання окремих секцій штанг додатково вносить коливання.

Для ліквідації даної проблеми пропонується використовувати деталь з ПКМ, що має можливість виконувати функцію підшипника ковзання та дистанційної втулки одночасно (рис. 3.3).

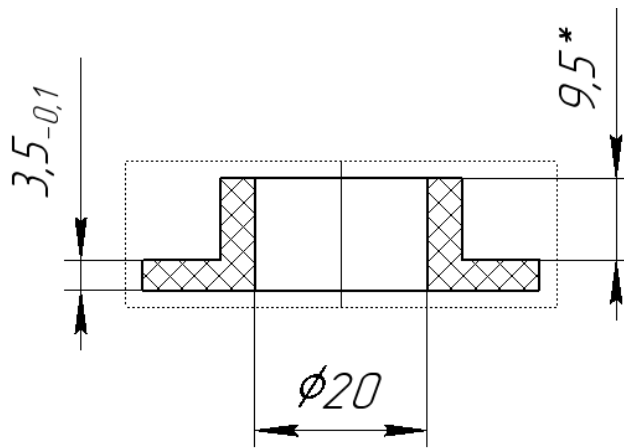


Рисунок 3.3 – Ескіз експериментально деталі з ПКМ

Такий тип деталі дозволяє виконувати функцію підшипника ковзання, а зовнішнє кільце виконує функцію опори та дистанційної втулки.

3.3 Розрахунок підшипників сухого тертя

Метою розрахунку підшипників сухого тертя є перевірка відповідності фізико-механічних характеристик вибраних матеріалів пари тертя вал–втулка заданим геометричним параметрам, які дозволяють досягти максимальної довговічності та високих антифрикційних властивостей. Основне завдання полягає в тому, щоб за відсутності змащення забезпечити підшипнику максимальну зносостійкість і мінімальні зміни геометрії в процесі експлуатації з урахуванням робочих умов.

Розрахунок за критерієм міцності. Цей розрахунок полягає в забезпеченні необхідної міцності підшипника, матеріал якого піддається об'ємному стисненню під дією навантаження. До таких матеріалів відноситься наприклад вуглепластик.

За критерій міцності або несучу здатність підшипника приймають середнє значення тиску, який можна розрахувати за формулою:

$$p = N/S, \quad (3.1)$$

де N – навантаження, яке діє на підшипник (реакція на опорі), кгс,

S – розрахункова площа контакту, в спрощеному вигляді приймається рівна площі проекції підшипника, см^2 ,

$$S = \pi \cdot R \cdot l \quad (3.2)$$

де R – радіус шийки валу, см ,

l – довжина підшипника, см .

Підставляючи (3.1) в (3.2), маємо:

$$p = \frac{N}{\pi \cdot R \cdot l} \quad (3.3)$$

З врахуванням розмірів деталі отримаємо:

$$p = 60 / (3,14 \cdot 1 \cdot 1,3) = 7,35 \text{ кгс/см}^2 = 0,74 \text{ МПа}$$

Несуча здатність підшипника це умовна величина, так як контакт підшипника і валу відбувається фактично на дугі, що становить 180° і фактична площа контакту менше значення, прийнятого в розрахунку. Точно визначити цю величину розрахунковим шляхом складно через низку факторів, які важко врахувати в інженерному розрахунку.

Величина гранично допустимого тиску для кожного матеріалу визначається експериментально і характеризує початок катастрофічного руйнування, супроводжується інтенсивним зносом при прийнятій постійній швидкості ковзання. Як показують випробування зі збільшенням швидкості ковзання гранично допустимий тиск падає в основному через підвищення температури в зоні контакту і зміни, через це, фізико-механічних властивостей матеріалу. Тому, несуча здатність підшипника обмежується також гранично допустимою швидкістю ковзання v . Несуча здатність $p = 0$, коли швидкість ковзання:

$$v = [v] \quad (3.4)$$

Величина $[v]$ для кожного матеріалу також визначається експериментально і поряд з $[p]$ характеризують його антифрикційні властивості. Для нормальної роботи підшипника сухого тертя необхідно дотримуватися умов:

$$v \leq [v] \quad (3.5)$$

де v – швидкість ковзання (м/с) на поверхні шийці валу:

$$v = \pi \cdot d \cdot n / 60 \quad (3.6)$$

$$v = 3,14 \cdot 0,02 \cdot 20 = 0,021 \text{ м / с}$$

Розрахунок за критерієм зносостійкості. Зв'язок між допустимою швидкістю ковзання $[v]$ та терміном служби підшипника T можна встановити, використовуючи формулу І.В. Крагельського для інтенсивності зношування поверхонь тертя, визначаємо, як об'єм матеріалу ΔV , видалений поверхнею на одиницю шляху тертя:

$$I_h = \frac{\Delta V}{A_a \cdot L}, \quad (3.7)$$

де A_a – фактична площа контакту підшипника і валу, м^2

L – шлях тертя.

Фактична площа контакту підшипника і вала визначається за формулою:

$$A_a = 0,875 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot l \quad (3.8)$$

Враховуючи розміри підшипника маємо:

$$A_a = 0,875 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot l \quad A_a = 0,875 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 12,55 \cdot 25 = 714,35 \text{ мм}^2 = 0,00071 \text{ м}^2;$$

$$\Delta V / A_a = \Delta h, \quad (3.9)$$

де Δh – середня товщина зношеного шару підшипника, м.

$$\Delta h = 0,00000001 / 0,00071 = 1,48 \cdot 10^{-5} \text{ м};$$

За умови рівномірного обертання валу маємо:

$$I_h = \frac{\Delta h}{L}, \quad (3.10)$$

$$L = [v] \cdot T. \quad (3.11)$$

$$L = 0,026 \cdot 540000 = 14040 \text{ м}$$

$$I_h = \frac{1,48 \cdot 10^{-5}}{14040} = 10,03 \cdot 10^{-10}$$

Підставляючи значення отриманих величин отримаємо рівняння для визначення терміну служби підшипника (год.):

$$T = \frac{\Delta h}{I_h[v]} \quad (3.12)$$

Підставляючи відомі значення отримаємо:

$$T = \frac{1,48 \cdot 10^{-5}}{10,03 \cdot 10^{-10} \cdot 0,026} = 540000 \text{ с} = 150 \text{ год}$$

З врахуванням годинної продуктивності обприскувача John Deere 732, яка становить – 24,7 га/год, маємо ресурс деталі з ПКМ – 3705 га.

Передбачається модернізація 30 вузлів тертя (рухомих з'єднань причіпного обприскувача із механічною обробкою, за необхідністю, та встановленням деталей з ПКМ в них. Це дозволить значно підвищити довговічність трибоспряжень механізмів штанг та мінімізувати знос сталевих елементів конструкції.

Відповідно до проведених розрахунків, в якості матеріалу для виготовлення елементів вузлів тертя обприскувачу пропонується використовувати матеріали групи поліамідів: УПА-6-30, СКММ -30М та ін.

Висновки до розділу. Розглянуто негативні наслідки від нерівномірності розташування штанг обприскувача та шляхи вирішення даного завдання. Запропоновано виконати модернізацію обприскувача John Deere 732 шляхом встановлення у вузли тертя самозмащувальних композитних матеріалів, які мають високу абразивну зносостійкість, стійкість до впливу агресивних середовищ, при цьому залишаються безпечними для людей та довкілля. Виконані перевіірочні розрахунки щодо працездатності за критерієм міцності. Розрахунки за критерієм зносостійкості дозволили встановити термін служби підшипника ковзання – 150 годин роботи, що при перерахунку напрацювання експериментальної деталі до проведення ТО а бо заміни, в залежності від стану – 3705 га. Надані рекомендації щодо вибору матеріалу для запропонованих деталей, що задовольняють вимоги щодо працездатності та зносостійкості.

4. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ НА ОБПРИСКУВАННЯ

Хвороби культурних рослин, шкідники та бур'яни є основними чинниками зниження врожайності сільськогосподарських культур, що може сягати 30% і більше від генетичного потенціалу сорту або гібрида. Для боротьби з цими загрозами у сільському господарстві застосовують хімічні засоби захисту рослин – пестициди, до яких належать фунгіциди, інсектициди та гербіциди.

Виконаємо розробку операційної технології обприскування посівів пшениці озимої із застосування удосконаленого причіпного обприскувача John Deere 732. Для цього будемо застосовувати довідкові матеріали та відомі методики [20, 27].

Характеристика умов роботи

Поле пшениці озимої у фазу кущення, площа 62 га, довжина поля 1100 м, похил місцевості – 2,5°. Внесення гербіциду Діанат та Грандстар для захисту від розвитку бур'янів.

Агротехнічні вимоги по проведенню поверхневого внесення робочих розчинів ґрунтового гербіциду.

При досягненні фази кущення пшениці озимої необхідно виконати внесення гербіциду Діанат, нормою 200 г/га та Гранстар, з нормою 30 г/га. Згідно з розробленою технологічною картою, обприскувач повинен забезпечувати внесення 120 літрів робочого розчину на гектар із допустимим відхиленням не більше 3%. Його робочі органи мають гарантувати рівномірне покриття всієї площі поля, при цьому коефіцієнт варіації нерівномірності не повинен перевищувати 12%. Крім того, необхідно досягти дисперсності розпилення, за якої діаметр крапель становить від 30 до 60 мікрометрів, а частка таких крапель має бути не меншою за 70%. Водночас розпилена рідина не повинна піддаватися зносу вітром. Усі ці якісні параметри повинні зберігатися за умов вітру, швидкість якого не перевищує 15 км/год.

Розрахунок складу та режимів роботи машинно-тракторного агрегату для обприскування

Оптимальним режимом використання енергетичного засобу вважається режим при якому реалізується його максимальна тягова потужність, при мінімальній питомій витраті палива. Тяговий розрахунок виконується зазвичай на робочому режимі за умови максимально можливого завантаження двигуна трактора за потужністю.

Сумарне значення тягового опору, що виникає при роботі з причіпним оприскувачем розраховуємо за формулою:

$$R_a = R_{p.o.} + R_{пер} + R_i + R_{ин} \quad (4.1)$$

де: $R_{p.o.}$ – тяговий опір, що виникає внаслідок зменшення потужності двигуна через привід насоса обприскувача від ВВП трактора, кН;

$R_{пер}$ – тяговий опір на подолання опору кочення причіпного обприскувача, кН;

R_i – опір на рух під гору, кН;

$R_{ин}$ – опір рушанню з місця, кН;

Визначаємо потужність, яка необхідна на привід насоса обприскувача John Deere 732 за виразом:

$$N_{p.o.} = \frac{Q_n \cdot \rho \cdot P}{60 \cdot 75 \cdot \eta} \quad (4.2)$$

де: Q_n – номінальне значення продуктивності (подачі) насоса обприскувача, л/хв. Для обприскувача John Deere 732 приймаємо 280 л/хв.;

ρ – щільність рідини, кг/дм³. Так як використовуємо воду, приймаємо для спрощення розрахунків рівним 1;

P – тиск в магістралі обприскувача, м.вод.ст., приймаємо 50 м.вод.ст.;

η – ККД приводу насоса, приймаємо $\eta = 0,75$.

Враховуючі технічні характеристики обприскувача та обрані дані, маємо:

$$N_{p.o.} = \frac{280 \cdot 1 \cdot 50}{60 \cdot 75 \cdot 0,75} = 4,2 \text{ к.с або } 3,1 \text{ кВт.}$$

При роботі трактора з тягово-привідною машиною виникає тяговий опір, що обумовлений зменшенням дотичної сили тяги. Це тяговий опір можна визначити за виразом:

$$R_{p.o} = \frac{10N_{вен} \cdot \eta_{мк} \cdot i_{мп}}{n_n \cdot r_k \cdot \eta_{вен}} \quad (4.3)$$

де $N_{вен}$ – затрати потужності на привід насоса обприскувача, кВт;

$\eta_{мк}$ – ККД що враховує втрати потужності при її передачі через трансмісію трактора;

$\eta_{вен}$ – ККД ВВП енергетичного засобу;

$i_{мп}$ – передаточне значення трансмісії на певній передачі енергетичного засобу;

n_n – номінальне частота обертання двигуна, хв.⁻¹. Відповідно до технічних характеристик трактора John Deere 6125R – 2100 хв.⁻¹;

r_k – радіус ведучого колеса енергетичного засобу м.

Передаточні числа трансмісії можна орієнтовно визначити за формулою:

$$i_{мп} = 0,377 \cdot \frac{n_n \cdot r_k}{V_p} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) \quad (4.4)$$

де V_p – робоча швидкість руху на обраній передачі, км/год;

δ – буксування рушіїв енергетичного засобу, % приймаємо 10 %;

Для розрахунку приймаємо три передачі трактора John Deere 6125R з таким швидкостями руху на передачах: 10 – 10,9 км/год., 11 – 12,6 км/год, 12 – 14,6 км/год.

Для обраних передач визначаємо передаточні числа трансмісії:

$$i_{мп_{10}} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,695}{10,9} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 45,43$$

$$i_{мп_{11}} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,695}{12,6} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 39,30$$

$$i_{мп_{12}} = 0,377 \cdot \frac{2100 \cdot 0,695}{14,6} \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 33,92$$

Отже маємо:

$$R_{p.o.10} = \frac{10 \cdot 3,1 \cdot 0,92 \cdot 45,43}{2100 \cdot 0,695 \cdot 0,95} = 0,96 \text{ кН}$$

$$R_{p.o.11} = \frac{10 \cdot 3,1 \cdot 0,92 \cdot 39,30}{2100 \cdot 0,695 \cdot 0,95} = 0,83 \text{ кН}$$

$$R_{p.o.12} = \frac{10 \cdot 3,1 \cdot 0,92 \cdot 33,92}{2100 \cdot 0,695 \cdot 0,95} = 0,72 \text{ кН}$$

Опір на перекочування обприскувача визначаємо за рівнянням:

$$R_{пер} = G_m \cdot f \quad (4.5)$$

де: G_m – вага обприскувача з врахуванням повного заповнення його баку, кН. Для обприскувача John Deere 732 приймаємо – 68,81 кН;

f – коефіцієнт перекочування, приймаємо рівним 0,12.

З врахуванням наведених даних маємо:

$$R_{пер} = 68,81 \cdot 0,12 = 8,25 \text{ кН}$$

Опір подолання підйому поля визначаємо за формулою:

$$R_{пер} = G_m \cdot \frac{i}{100} \quad (4.6)$$

де: i – нахил поля, %. Приймаємо 2,5 %.

З врахуванням відомих характеристик обприскувача отримаємо:

$$R_i = 68,81 \cdot 0,025 = 1,72 \text{ кН}$$

Опір, який необхідно для подолання моменту спокою визначаємо за виразом:

$$R_{ин} = m \cdot \frac{V_p}{t_p} \quad (4.7)$$

де: m – маса машини, т.;

t_p – час розгону МТА, с.

Для обраних передач отримаємо:

$$R_{ин10} = 7,015 \cdot \frac{3,03}{3} = 7,08 \text{ кН}$$

$$R_{in10} = 7,015 \cdot \frac{3,5}{3} = 8,18 \text{ кН}$$

$$R_{in10} = 7,015 \cdot \frac{4,05}{3} = 9,48 \text{ кН}$$

Загальний опір обприскувача на передачах складає:

$$R_{a10} = 0,96 + 8,25 + 1,72 + 7,08 = 18,01 \text{ кН}$$

$$R_{a10} = 0,83 + 8,25 + 1,72 + 8,18 = 18,98 \text{ кН}$$

$$R_{a10} = 0,72 + 8,25 + 1,72 + 9,48 = 20,17 \text{ кН}$$

Силу тяги на обраних передачах визначаємо за формулою:

$$P_{кр} = \frac{10^4 (N_{ен} - N_{p.o.}) \cdot \eta_{мк} \cdot i_{мп}}{n_h \cdot r_k}, \text{ кН} \quad (4.8)$$

Розраховуємо для обраних передач трактора John Deere 6125R:

$$P_{кр10} = \frac{10^4 (100 - 3,1) \cdot 0,92 \cdot 45,43}{2100 \cdot 0,695} = 27,75 \text{ кН}$$

$$P_{кр11} = \frac{10^4 (100 - 3,1) \cdot 0,92 \cdot 39,30}{2100 \cdot 0,695} = 24,01 \text{ кН}$$

$$P_{кр12} = \frac{10^4 (100 - 3,1) \cdot 0,92 \cdot 33,92}{2100 \cdot 0,695} = 20,72 \text{ кН}$$

Обрати раціональну передачу можна виходячи зі ступеня завантаження трактора за тяговим зусиллям:

$$\eta_m = \frac{R_a}{P_{кр} - G \cdot \frac{i}{100}}, \quad (4.9)$$

Для обраних передач трактора John Deere 6125R:

$$\eta_{m10} = \frac{18,01}{27,75 - 54,7 \cdot 0,025} = 0,68$$

$$\eta_{m11} = \frac{18,98}{24,01 - 54,7 \cdot 0,025} = 0,83$$

$$\eta_{m12} = \frac{20,17}{20,72 - 54,7 \cdot 0,025} = 1,04$$

Так як досліджуваний показник на 12 передачі перевищує допустиму величину, то дану передачу не можна враховувати при обранні раціональної. Основною передачею обираємо 11 передачу, так як ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям відповідає вимогам. Отже робочою швидкістю виконання обприскування становить 12,6 км/год.

Підготовка МТА для внесення пестицидів до роботи.

Проводиться комплектування агрегату, перевіряється працездатність всіх систем. На чистій воді перевіряють розпилювання рідини з розпилювачів, відсутність підтікань та чіткість відсічки рідини клапанами відсікання. Для налаштування обприскувача на певну норму внесення пестициду застосовується такий вираз:

$$q = \frac{Q \cdot V_p \cdot B_p}{600 \cdot n}, \text{ л/хв} \quad (4.10)$$

Q – норма внесення пестицидів, л/га;

B_p – ширина захвату обприскувача, м. Для обприскувача John Deere 732 становить 28 м;

n – кількість розпилювачів, шт. Приймаємо 55 шт.

$$q = \frac{120 \cdot 12,6 \cdot 28}{600 \cdot 55} = 1,28 \text{ л/хв.}$$

Визначення витрати через один розпилювач виконують із використанням мірної колби та витратоміра. Якщо продуктивність форсунки відрізняється від визначеного величини, то необхідно за допомогою зміни тиску в магістралі її відкоригувати до співпадіння із розрахунком. Всі налаштування потрібно виконувати із застосуванням чистої води в системі.

Підготовка поля до виконання технологічної операції обприскування.

Виконання обприскування проводимо човниковим способом. Розмір поля складає 1100 м на 564 м. При такому способі руху поле на загінки не розбивають.

Ширину поворотної смуги визначаємо з рівняння:

$$E = 2R + e, \quad (4.11)$$

де R – радіус розвороту агрегату для внесення пестицидів, м.

Радіус розвороту розраховуємо за формулою:

$$R = K_R \cdot R_0 \quad (4.12)$$

K_R – коефіцієнт збільшення радіусу повороту МТА;

R_0 – радіус повороту при швидкості $V_p = 5$ км/год;

$$R_0 = 1,5 \cdot B_k \quad (4.13)$$

Обприскувач John Deere 732 має ширину захвату 28 м.

Посівний комплекс John Deere 1890 має ширину захвату 12,2 м. Приймаємо $K_R = 1,05$, так як обрана передача забезпечує робочу швидкість 12,6 км/год.

Отже:

$$R = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 28 = 44,1 \text{ м}$$

Робоча довжина загінки розраховується за виразом:

$$L_p = L - 2E \quad (4.14)$$

Обприскувач John Deere 732 причіпний, тому довжина виїзду визначається за виразом:

$$e = 1,0 l_k \quad (4.15)$$

Отже кінематична довжина обприскувача становить:

$$l_k = 2,3 + 5,8 = 8,1 \text{ м}$$

$$e = 1 \cdot 8,1 = 8,1 \text{ м}$$

Враховуючи вище розраховане:

$$E = 2 \cdot 44,1 + 8,1 = 96,3 \text{ м}$$

Оптимальна ширина поворотної смуги повинна бути кратною ширині захвату обприскувача. Тому, приймаємо ширину поворотної смуги рівною $E = 112$ м.

Таким чином:

$$L_p = 1100 - 2 \cdot 112 = 876 \text{ м}$$

Виконуємо оцінку обрання способу руху МТА для внесення пестицидів за коефіцієнтом робочих ходів:

$$\varphi = \frac{\sum L_p}{\sum L_p + \sum L_x} \quad (4.16)$$

$$L_x = 5 \cdot R + 2 \cdot e \quad (4.17)$$

Отже маємо:

$$L_x = 3 \cdot 44,1 + 2 \cdot 8,1 = 148,5$$

$$\varphi = \frac{876}{876 + 148,5} = 0,86$$

Розрахований коефіцієнт вказує на раціонально обраний спосіб руху МТА для внесення пестицидів.

Виконання роботи МТА в загінці.

Розраховуємо продуктивність МТА при виконанні обприскування за виразом:

$$W_{zod} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (4.18)$$

На основі досліджень, встановлено, що за умови правильної організації роботи допоміжних операцій з підвезення води та заправки обприскувача, коефіцієнт використання часу становить 0,7...0,8. Приймаємо середнє значення – 0,8.

$$W_{zod} = 0,1 \cdot 28 \cdot 12,6 \cdot 0,7 = 24,7 \text{ га/год}$$

Витрату палива при роботі МТА можна визначити, спираючись на питому витрату пального двигуна та тягового опору, що створює обприскувач за формулою:

$$g_{za} = \frac{g_e \cdot R_A}{0,36 \cdot \beta \cdot \eta_{mpy}} (1 + \sigma_T), \quad (4.19)$$

де σ_T – показник, що враховує збільшення витрати пального при роботі МТА на холостому ході. Приймаємо $\sigma_T = 0,16...0,25$.

$$g_{za} = \frac{260 \cdot 18,98 / 28}{0,36 \cdot 0,96 \cdot 0,80} (1 + 0,25) = 796,8 \text{ г/га} \approx 0,8 \text{ кг/га}$$

Контроль та аналіз якості виконаної роботи.

Контроль якості обприскування визначається шляхом порівняння планового обсягу внесення робочого розчину до фактично використаного. Крім того, при роботі обприскувача на основі візуальних спостережень перевіряють чіткість роботи розпилювачів та відключення подачі рідини на поворотних смугах.

Охорона праці при проведенні обприскування.

До роботи на МТА для хімічного захисту рослин допускаються працівники, які добре знають конструкції та особливості налаштування обприскувача та не маю медичних протипоказань до виконання такого типу робіт.

Обслуговуючий персонал під час приготування робочих розчинів, заправки обприскувача та внесення робочого розчину повинен бути одягнений в спецодяг та мати засоби захисту органів дихання відповідно до вимог. Забороняється під час роботи споживати їжу, палити та перебування осіб, що не задіяні в роботі МТА. Не дозволяється виконувати обприскування, якщо швидкість вітра перевищує 8 км/год, а також проведення робіт неподалік населених пунктів, ферм, та водних об'єктів. Зона на якій планується внесення пестицидів повинна мати попереджувальні знаки.

Висновки до розділу.

Розроблено операційно-технологічну карту на обприскування посівів пшениці озимої оприскувачем John Deere 732 з трактором John Deere 6125R. Виконано обґрунтування оптимальної передачі трактора для роботи з оприскувачем за ступенем завантаження трактора за тяговим зусиллям. Оптимальне значення даного показника досягається при роботі на 11 передачі, з робочою швидкістю руху – 12,6 км/год. Визначено продуктивність вказаного МТА при виконанні хімічного захисту – 24,7 га/год, при питомій витраті палива 0,8 кг/га.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Працівники можуть виконувати роботи, пов'язані із застосуванням пестицидів, лише за нарядом-допуском і за умови наявності відповідного посвідчення на право роботи з пестицидами та агрохімікатами, а також медичної книжки. Застосування пестицидів має відповідати «Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні», а також чинним доповненням до нього [28]. Асортимент, засоби, сфера використання, норми витрат і кратність обробок повинні строго відповідати цьому документу.

Тривалість щоденної роботи з пестицидами I та II класів небезпеки не повинна перевищувати 4 години, з іншими препаратами – до 6 годин на добу [29, 30]. Іншу частину робочого дня дозволяється використовувати лише на роботах, не пов'язаних із пестицидами. До робіт із пестицидами заборонено допускати осіб, які не досягли 18-річного віку, вагітних і жінок, що годують груддю. Під час виконання таких робіт заборонено курити, вживати їжу та алкоголь.

Не пізніше ніж за дві доби до початку хімічної обробки адміністрація господарства повинна повідомити населення, власників прилеглих сільгоспугідь та об'єктів про місце, час і способи внесення пестицидів. Під час обробок у межах 200 метрів від оброблюваних ділянок мають бути встановлені попереджувальні таблички. Зберігати засоби захисту рослин потрібно в спеціально обладнаних (паспортизованих) складах окремо від мінеральних добрив, харчових продуктів, кормів, питної води та побутових предметів. Заборонено допуск дітей до місць зберігання пестицидів. Роботи з пестицидами слід проводити в ранкові години (до 10:00) або ввечері (з 18:00 до 22:00), коли повітряні потоки мінімальні. Вдень обробки допускаються лише в похмурі, прохолодні дні за температури нижче +10 °C.

На території, де проводяться обробки, мають бути облаштовані зони відпочинку і прийому їжі, розташовані не ближче ніж за 200 м від меж обробки. Такі місця повинні мати питну воду, умивальник і медичну аптечку.

Стороннім особам заборонено перебувати на ділянках, де вносяться пестициди. Приготування робочих розчинів та заправка апаратури мають здійснюватися на спеціально обладнаних розчинних пунктах із використанням механізованих засобів. Заборонено готувати розчини безпосередньо в полі без механізації.

Обприскування дозволено за таких умов: вентиляторні та штангові обприскувачі – за швидкості вітру до 3 м/с (дрібно крапельне) і до 4 м/с (крупно крапельне); з поливною водою – до 4 м/с [29, 30]. Відповідальність за дотримання метеоумов несе керівник робіт, який зобов'язаний використовувати точні методи вимірювання температури і вітру. Під час обробок працівники мають розміщуватися з урахуванням напрямку вітру, щоб уникнути попадання пестицидів у зону дихання.

Санітарні розриви повинні становити: не менше 500 м від населених пунктів, тваринницьких комплексів, місць ручної праці на культурах, водойм і зон відпочинку – при вентиляторному обприскуванні; не менше 300 м – при штанговому або гербігації дощуванням. Для аерозольних генераторів санітарні відстані встановлюються згідно з інструкцією, і обробки проводяться тільки при вітрі у напрямку від населених об'єктів.

Всі роботи з пестицидами, а також із протруєним насінням обов'язково підлягають реєстрації в спеціальних журналах. Рекомендується купувати засоби захисту рослин лише в офіційних дистриб'юторів і перевірених спеціалізованих магазинах. Упаковка має бути заводською з наявністю захисних елементів: голограм, плівок, номерів партії та маркування українською мовою.

Працівники, які контактують із пестицидами, зобов'язані користуватись засобами індивідуального захисту: спецодягом, гумовим взуттям, рукавичками, респіраторами та захисними окулярами.

Після завершення роботи необхідно ретельно вимити руки й відкриті частини тіла з милом, а також переодягнутися. При найменших підозрах на отруєння слід негайно звернутися до лікаря.

Використання пестицидів у різних сферах – у сільському господарстві, колективних і приватних садах, медичних установах та побуті, а також їх продаж – має здійснюватися відповідно до державних санітарних правил для даного типу товарів [31].

Запропоноване удосконалення конструкції причіпного обприскувача John Deere 732 із застосуванням композитних матеріалів неметалевого походження не має негативного впливу на навколишнє середовище. Тому не потребує виконання додаткових заходів при використанні удосконаленого обприскувача.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ

Ефективність удосконалення конструкції машини чи обладнання слід визначати на основі зіставлення техніко-економічних показників функціонування базового і модернізованого варіантів машинно-тракторного агрегату. Під час оцінки ефективності причіпного обприскувача, необхідно враховувати не лише її техніко-економічні параметри, а й вплив на рівень урожайності культури. Так як, виконання внесення пестицидів, із необхідною дозою та якісним розподіленням по поверхні чи рослинам, дозволяє отримати максимальний ефект від застосування. При цьому, мінімізується можливий негативний їх вплив на культурні рослини. Саме це дозволяє одержати приріст урожайності. Для проведення техніко-економічного аналізу використання удосконаленого обприскувача John Deere 732 будемо використовувати наступні початкові дані приведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Дані для техніко-економічної оцінки проєкту

Показники	Варіант МТА для обприскування	
	базовий	проектний
Назва технологічної операції	Внесення пестицидів	
Склад агрегатів	John Deere 6125R + John Deere 732	John Deere 6125R + John Deere 732M
Річне завантаження обприскувача, га	3150	3458
Середній темп виконання технологічної операції, га/год.	22,5	24,7
Затрати пального на одиницю виконаної роботи g_p , кг/га	0,9	0,8
Вартість МТА, грн.	3700000	37360000

Загальна вартість впровадження ПКМ у конструкцію обприскувача John Deere 732 буде становити 36000 грн або в середньому 3000 грн у розрахунку на одне трибоспряження.

Виконаємо розрахунки експлуатаційних затрат на застосування стандартної версії обприскувача та модернізованої. Для цього будемо застосовувати відомі методики [20, 27, 32]:

Витрати, які пов'язані з експлуатацією МТА при проведенні обприскування розраховуємо за формулою [27, 32]:

$$C_{\text{ит}} = C_{\text{пмм}} + C_{\text{зн}} + C_{\text{мта}} \quad (6.1)$$

Затрати на пальне визначаємо за формулою [27, 32]:

$$C_{\text{пмм}} = C_{\text{к}} \cdot g_{\text{за}} \cdot 0,83 \quad (6.2)$$

Для розрахунків орієнтовну комплексну ціну палива приймаємо 62 грн/кг. Таким чином отримаємо:

$$C_{\text{пмм}}^{\text{б}} = 64 \cdot 0,9 = 57,60 \text{ грн./га}$$

$$C_{\text{пмм}}^{\text{н}} = 64 \cdot 0,8 = 51,20 \text{ грн./га}$$

Затрати на експлуатаційні відрахування визначаємо за формулою [20, 27]:

$$C_{\text{м}} = \left[\frac{B_{\text{т}} \cdot a_{\text{рм}}}{100 \cdot n_{\text{зм}}^{\text{м}} \cdot G_{\text{н}}^{\text{рік}}} + \frac{(C_{\text{прм}} + C_{\text{том}} + C_{\text{зм}})}{G_{\text{н}}^{\text{рік}}} \right] \cdot K_i \quad (6.3)$$

Норми відрахувань на амортизацію $a_{\text{рм}}$ приймаємо 11 %, а сумарні витрати на ТО та ремонт на рівні 6 %.

Враховуючи вище наведені та вихідні дані отримаємо:

$$C_{\text{м}}^{\text{б}} = \left[\frac{3700000 \cdot 11}{100 \cdot 25 \cdot 3375} + \frac{222000}{3375} \right] = 70,60 \text{ грн/га}$$

$$C_{\text{м}}^{\text{н}} = \left[\frac{3736000 \cdot 11}{100 \cdot 25 \cdot 3705} + \frac{224160}{3705} \right] = 64,94 \text{ грн/га}$$

Оплату заробітної плати визначаємо за формулою [27, 32]:

$$C_{\text{зн}} = \frac{1,49(K_{\text{нк}} \cdot m_{\text{мех}} \cdot f_{\text{мех}}) \cdot 1,02}{W_{\text{зм}}}, \text{ грн/га} \quad (6.4)$$

де $f_{\text{мех}}$ – тарифна ставка, грн./зм., приймаємо 650 грн/зм.

З врахуванням нормативний коефіцієнтів маємо для двох варіантів:

$$C_{\text{зн}}^{\text{б}} = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 650) \cdot 1,02}{135} = 8,79 \text{ грн/га}$$

$$C_{zn}^n = \frac{1,49(1,2 \cdot 1 \cdot 650) \cdot 1,02}{148,2} = 8,00 \text{ грн/га}$$

Таким чином сумарні витрати будуть становити:

$$C_{num}^{\delta} = 57,60 + 70,60 + 8,79 = 136,99 \text{ грн/га}$$

$$C_{num}^n = 51,20 + 64,94 + 8,00 = 124,14 \text{ грн/га}$$

Економічний ефект у розрахунку на одиницю площі буде становити:

$$E_{ef}^{ca} = C_{num}^{\delta} - C_{num}^n = 136,99 - 124,14 = 12,85 \text{ грн/га}$$

Враховуючи орієнтовне завантаження обприскувача, річний економічний ефект буде становити:

$$E_{ef.експл.}^{pik} = F \cdot (C_{num}^{\delta} - C_{num}^n) = 3705 \cdot (136,99 - 124,14) = 47609,25 \text{ грн}$$

Термін окупності визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{K}{E_{ef}^{pik}}$$

Враховуючі одержані результати отримаємо:

$$T_o = \frac{36000}{47609,25} = 0,75 \text{ років}$$

Необхідно звернути увагу, що тільки перша модернізація причіпного обприскувача буде коштувати 36000 грн, так як зазвичай необхідно виконувати механічну обробку деяких важелів. При подальшій експлуатації та спрацювання деталей з ПКМ, необхідно буде виконати тільки їх заміну, без проведення механічної обробки сталевих елементів конструкції. Таким чином вартість тільки деталей з ПКМ на причіпного обприскувача буде становити орієнтовно – 6000 грн. Тому й термін окупності після першого року використання буде становити в рази менше.

Результати проведених розрахунків для зручності порівняння сформуємо у вигляді таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Техніко-економічні показники проєкту

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Комплектація МТА	-	John Deere 6125R + John Deere 732	John Deere 6125R + John Deere 732M
Темп виконання робіт	га/год	22,50	24,70
Балансова вартість МТА:	грн	3700000	3736000
Сумарні експлуатаційні витрати, в тому числі:		136,99	124,14
витрати на паливо та мастильні матеріали	грн/га	57,60	51,20
оплата праці персоналу		8,79	8,00
затрати на ТО, ремонт та амортизацію		70,60	64,94
Питомий економічний ефект	грн/га	-	12,85
Річний економічний ефект	грн	-	47609,25
Термін окупності капіталовкладень:	років	-	0,75

Висновки до розділу. На основі техніко-економічної оцінки встановлено, що використання модернізованого причіпного обприскувача John Deere 732M дозволяє одержати питомий економічний ефект – 12,85 грн/га. У розрахунках не враховано, що якість внесення пестицидів дозволить зменшити негативний вплив на пшеницю озиму, і відповідно призведе до підвищення врожайності. Річний економічний ефект застосування модернізованого обприскувача становить 47609,25 грн. Термін окупності додаткових вкладень на модернізацію обприскувача становить 0,75 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Озима пшениця займає важливе місце в сівозміні як одна з провідних зернових культур. До 2022 року експорт пшениці був стабільним, і щорічно становив 16...20 млн тон. Озима пшениця складає понад 95% всього виробленого та експортованого обсягу пшениці. У 2023/24 маркетинговому році експорт пшениці зріс до 18,4 млн тон завдяки відкриттю гуманітарного морського коридору та впровадженню механізму страхування суден, що зменшило логістичні витрати для експортерів. Встановлено, що пестициди відіграють важливу роль у забезпеченні врожайності озимої пшениці, особливо в інтенсивних системах землеробства. Їх застосування дозволяє обмежити вплив шкідливих організмів, бур'янів, хвороб, які можуть знижувати врожайність культури на від 20 % до 50% і навіть більше. Водночас використання пестицидів не є однозначно позитивним і має як агрономічні, так і екологічні наслідки. Ефективність дії пестицидів суттєво залежить від рівномірності внесення робочих розчинів, так як норми внесення діючих речовин може становити від 0,2 л/га до 2...3 л/га.

Наведено перелік основних технологічних операцій та їх значення в технології вирощування пшениці озимої. Розроблено технологічну карту вирощування пшениці, проведені розрахунки всіх її складових. Встановлено, що витрата палива за розробленою технологією, у розрахунку на 1 га, становить 31,8 кг. Затрати праці на одиницю роботи складають 2,65 люд.-год/га. Потреба в дизельному паливі на вирощування пшениці озимої на площі 290 га становить 8656 кг.

Розглянуто негативні наслідки від нерівномірності розташування штанг обприскувача та шляхи вирішення даного завдання. Запропоновано виконати модернізацію обприскувача John Deere 732 шляхом встановлення у вузли тертя самозмащувальних композитних матеріалів, які мають високу абразивну зносостійкість, стійкість до впливу агресивних середовищ, при цьому залишаються безпечними для людей та довкілля. Виконані перевірочні розрахунки щодо

працездатності за критерієм міцності. Розрахунки за критерієм зносостійкості дозволили встановити термін служби підшипника ковзання – 150 годин роботи, що при перерахунку напрацювання експериментальної деталі до проведення ТО а бо заміни, в залежності від стану – 3705 га. Надані рекомендації щодо вибору матеріалу для запропонованих деталей, що задовольняють вимоги щодо працездатності та зносостійкості.

Розроблено операційно-технологічну карту на обприскування посівів пшениці озимої оприскувачем John Deere 732 з трактором John Deere 6125R. Виконано обґрунтування оптимальної передачі трактора для роботи з оприскувачем за ступенем завантаження трактора за тяговим зусиллям. Оптимальне значення даного показника досягається при роботі на 11 передачі, з робочою швидкістю руху – 12,6 км/год. Визначено продуктивність вказаного МТА при виконанні хімічного захисту – 24,7 га/год, при питомій витраті палива 0,8 кг/га.

Наведено вимоги безпеки при виконанні технологічної операції обприскування та вплив модернізованої машини на навколишнє середовище.

На основі техніко-економічної оцінки встановлено, що використання модернізованого причіпного обприскувача John Deere 732М дозволяє одержати питомий економічний ефект – 12,85 грн/га. У розрахунках не враховано, що якість внесення пестицидів дозволить зменшити негативний вплив на пшеницю озиму, і відповідно призведе до підвищення врожайності. Річний економічний ефект застосування модернізованого обприскувача становить 47609,25 грн. Термін окупності додаткових вкладень на модернізацію обприскувача становить 0,75 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах. Державна служба статистики України. <https://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. Державна служба статистики України. <https://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Підсумки сезону 2023/2024: експорт зернових та олійних – 57,5 млн т. <https://uga.ua/en/news/ua-2023-2024-season-results-export-of-grains-and-oilseeds-57-5-million-tons>
4. Ukraine and global agricultural markets two years later. <https://www.ifpri.org/blog/ukraine-and-global-agricultural-markets-two-years-later>
5. Косіченко О. А., Гунчак І. Л. (2021). Формування врожайності озимої пшениці залежно від гербіцидного захисту та мінерального живлення. – *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(2), с. 230–236. <https://www.ujecology.com/articles/formation-of-winter-wheat-yield-depending-on-herbicidal-protection-and-mineral-nutrition.pdf>
6. Національний науковий центр «Інститут захисту рослин» НААН України. Щорічні звіти та методичні рекомендації (2020–2023). <https://ipp.gov.ua>
7. Галаган Ю. М., Бойко В. І. Фітоєкологічна ефективність гербіцидів у технологіях вирощування озимої пшениці. *Вісник аграрної науки Південного регіону*. 2019. №1. С. 45-49.
8. Л.Я. Лукашук, О.В. Курач, О.В. Сніжок, Л.І. Гук, А.В. Кучерова. Вплив системи удобрення та догляду за посівами на продуктивність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник аграрної науки*. 2020. №10 (811). С. 12-19.
9. Медведева Л. І. Гербіциди та їх вплив на мікробіологічну активність ґрунту. – *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. №86. с. 40-48.
10. Бабій А.В. Методи розрахунку ресурсу і вдосконалення конструкцій широкозахватних штанг сільськогосподарських обприскувачів [Текст] Дис. ... д-

ра техн. наук : 05.05.11 / Бабій Андрій Васильович ; Тернопіл. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Тернопіль, 2021. 412 с.

11. Дмитриченко М.Ф., Вікович І.А. Динаміка мобільних машин з начіпними функціональними елементами: Монографія. – Львів: видавництво Львівської політехніки, 2008. – 496 с.

12. Андрейків О. Є., Бабій А. В., Долінська І. Я., Матвіїв Ю. Я. Визначення залишкового ресурсу штанги польового обприскувача за маневрового режиму навантаження. Фіз.-хім. механіка матеріалів. 2020. № 1. С. 106–111.

13. Обприскувач навісний 1000 л штанга 16 м, ОНШ (К)
https://agrovektor.com/ua/physical_product/1426516-opryskivatel-navesnoy-1000-l-shtanga-16-m-onshk.html

14. Обприскувач до трактора Jar-Met-1000.
<https://agroqram.com/ua/opryskivатели-tractor-jar-met-1000-14-m>

15. Обприскувач навісний польовий VINMET ОНП 400х12.
https://vinavi.ua/product-obpriskuvach-onp-vinmet-200---1000-l-ua?srsltid=AfmBOoq1A4lfXKVPCoem4bsr0Ib_X5C4AASoZXk7SbUMcOMw1kWBMagn

16. Причіпні обприскувачі – по полях на крилах.
<https://traktorist.ua/articles/470-prichipni-obpriskuvachi--po-polyah-na-krilah>

17. Причіпні обприскувачі: порівняння конструкційних характеристик.
<https://agroelita.info/prychipni-obpryskuvachi-porivnyannya-konstruksijnyh-harakterystyk/>

18. Причіпний обприскувач M732 – вражаючі можливості.
<https://www.deere.ua/uk>

19. Обприскувачі MASCHIO GASPARDО CAMPO.
<https://mineteh.com.ua/campo#>

20. Кобець А.С. Дипломне проектування з машиновикористання у рослинництві / А.С Кобець, В.Ю. Ільченко, В.Г. Бутенко, [та ін.] – ДДАУ, Дніпропетровськ, 2007. – 288 С.

21. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на обробіток ґрунту /І. М. Демчак, Л. В. Кукса, В. М. Івченко, В.С. Пивовар та ін. Київ : НДІ "Укргропромпродуктивність". 2019. 280 с.

22. Типові норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами. В.В. Вітвіцький, І.М. Демчак, В.С. Пивовар та ін. – К.:НДІ «Укргропромпродуктивність», 2005. 544 с.

23. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / І. М. Демчак, В. С. Пивовар, В.М. Івченко, Л. В. Кукса та ін. Київ: НДІ "Укргропромпродуктивність". 2019. 160 с.

24. Dudin, V., Makarenko, D., Derkach, O., & Muranov, Y. (2021). Determination of the influence of a filler on the properties of composite materials based on polytetrafluoroethylene for tribosystems of mechanisms and machines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(12(112)), 61–70. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238452

25. V.V. Aulin, O.D. Derkach, O.S. Kabat, D.O. Makarenko, A.V. Hryniv, D.I. Krutous. Application of polymer composites in the design of agricultural machines for tillage. *Problems of Tribology*. V. 25, No 2/96-2020. 2020. 49-58. DOI: 10.31891/2079-1372-2020-96-2-49-58.

26. Деркач О. Д., Буря О. І. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів. Наукові рекомендації. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. 71 с.

27. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник в.П. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дн-ськ, ДДАУ, 2002.-212 с.

28. Постанова кабінету міністрів України від 21 липня 2023 р. № 758 Про затвердження Порядку ведення Державного реєстру пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні.

29. Збірник примірних інструкцій з охорони праці для працівників під час виконання робіт у рослинництві. Наказ Міністерства агропромислового комплексу України від 15.12.1999, № 368.

30. Основні вимоги щодо безпечного застосування пестицидів.
<https://dpssko.gov.ua/blog/2022/09>

31. ДСП 8.8.1.2.001-98 Державні санітарні правила. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві.

32. Методичні рекомендації до практичних занять з навчальної дисципліни «Експлуатація машин і обладнання» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія». О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, П.М. Кухаренко. Дніпро: ДДАЕУ, 2022. 246 с.

ДОДАТКИ

Додаток А – План механізованих робіт вирощування пшениці озимої на 290га

План механізованих робіт вирощування пшениці озимої на площі 290 га

Попередник - озимий ріпак

Тип ґрунту-II

Група господарств-II

врожайність зерна - 5,6 т/га

	Операції	Агротех вим	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Тривалість роботи за добу	Склад агрегату			кількість с.-г. машин	Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-год/га		Кількість нормо-змін
					календарні	тривалість днів		трактор	зіплка	с.-г. м.		за годину	за зміну	за добу	агрегатів	трактористів	доплаткових працівників	за нормою	на весь обсяг	на одиницю роботи	на весь обсяг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Дискування	12-14 см	га	290	05-20.08	7	21	JD-6125R		АГП-3,0	1	2,2	15,4	46,2	1	2		3,40	986,0	0,45	131,8	18,83
2	Завантаження мінеральних добрив	0,1 т/га	т	29	10-25.09	6	14	МТЗ-892		Олімп-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	5,5	0,05	1,3	0,19
3	Внесення добрив СуперАгро	0,10 т/га	га	290	10-25.09	6	14	МТЗ-892		Donder Pro 1500	1	7,49	52,4	104,8	1	2		1,85	536,5	0,13	38,7	5,53
4	Навантаження насіння	0,2 т/га	т	58	10-25.09	5	14	МТЗ-892		Олімп-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	11,0	0,05	2,7	0,38
5	Навантаження діамофосу	0,1 т/га	т	29	10-25.09	5	14	МТЗ-892		Олімп-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	5,5	0,05	1,3	0,19
6	Перевезення насіння та добрив і завантаження сіялки	4 км	т	87	10-25.09	5	14	КамАЗ-45143		ЗС-30М	1	7,79	54,5	109,0	1	2		0,74	64,4	0,13	11,2	1,60
7	Сівба з нормою 4,5 млн.шт з внесенням добрив	4-5 см	га	290	10-25.09	5	14	Case MX310		JD-730+1910	1	8,74	61,2	122,4	1	2		3,60	1044,0	0,11	33,2	4,74
8	Перевезення води	0,12 т/га	т	34,8	фаза кушення	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43
9	Внесення гербіциду Діанат 0,2 л/га; Грандстар 30 г/га	0,12 т/га	га	290	фаза кушення	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96
10	Завантаження міндобрив	0,10 т/га	т	19	01-20.03	6	14	МТЗ-892		Олімп-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	3,6	0,05	0,9	0,13
11	Внесення сульфату амонію	0,10 т/га	га	290	01-20.03	6	14	МТЗ-892		Donder Pro 1500	1	7,49	52,4	104,8	1	2		1,85	536,5	0,13	38,7	5,53
12	Перевез води та пестицидів	0,12 т/га	т	34,8	15-25.04	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43
13	Внесення фунгіциду Дерозал 0,5 л/га, регулятору росту Хлормекват Хлорид 1,1 л/га	0,12 т/га	га	290	15-25.04	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96
14	Перевез води та пестицидів	0,12 т/га	т	34,8	15-22.05	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43
15	Внесення гербіциду Аканто Плюс 0,7 л/га, інсектициду Фаскорд 0,15 кг/га, добрива Гумат Калію 0,3 л/га, КАС-32 5 кг/га	0,12 т/га	га	290	15-22.05	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96
16	Перевез води та пестицидів	0,12 т/га	т	34,8	02-10.06	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43
17	Внесення фунгіциду Рекс Дуо 0,5 л/га, інсектициду Фастак 100 г/га, добрива сульфат магнію 5 кг/га	0,12 т/га	га	290	02-10.06	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96
18	Пряме комбайнув.	5,6 т/га	га	290	10-30.07	10	14	Case 2388			1	3,46	24,2	48,4	1	2		10,30	2987,0	0,29	83,9	11,98
19	Перевез зерна на тік	4 км	т	1624	10-30.07	10	14	КамАЗ-45143		DL-ПІС 1020	1	14,89	104,2	208,4	2	4		0,84	1364,2	0,07	109,1	15,59
	Всього																	31,8	8656	2,65	534	78,2

Додаток Б – Графічна частина дипломного проєкту

48ДП.0001000.000 ГР

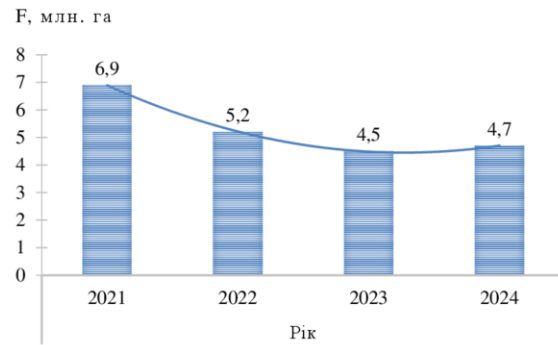


Рис. 1 – Динаміка врожайності пшениці озимої в Україні за останні чотири роки

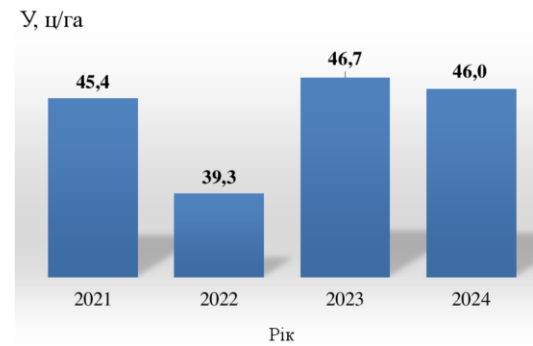


Рис. 2 – Урожайність пшениці озимої в Україні у розрізі 2021–2024 рр.

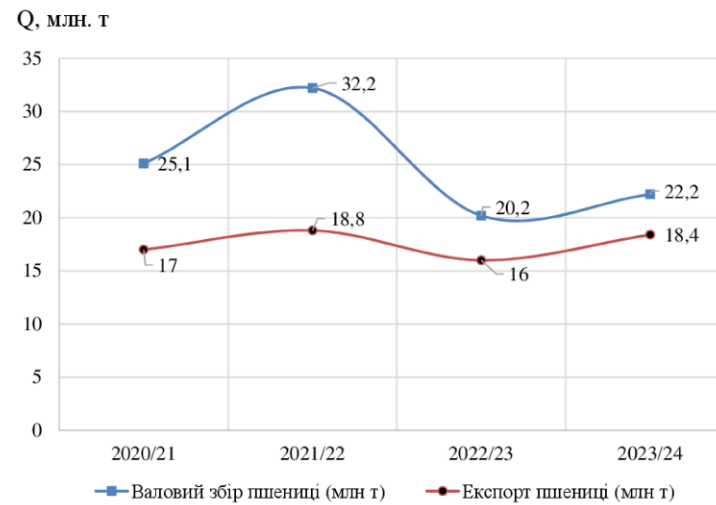


Рис. 3 – Валовий збір та експорт пшениці Україною за 2020–2024 рр.

48ДП.0001000.000 ГР									
Держ. стат.	РР	Вироб.	Вид	Вид	Аналіз виробництва та експорту				
Рік	2024	2023	2022	2021	пшениці озимої				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				
Вид	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Вироб.	Держ. стат.				

Категорія: Формат: А1

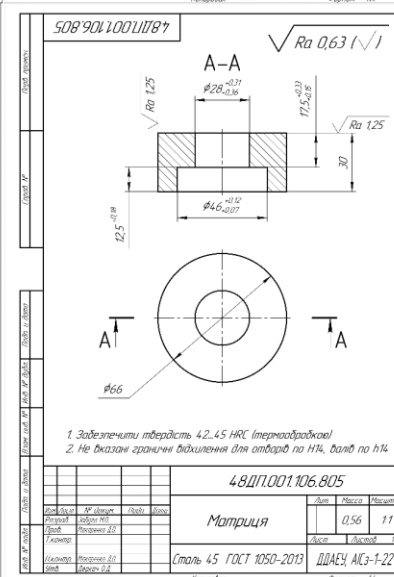
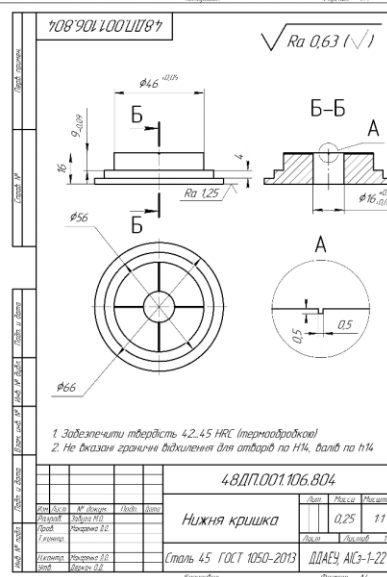
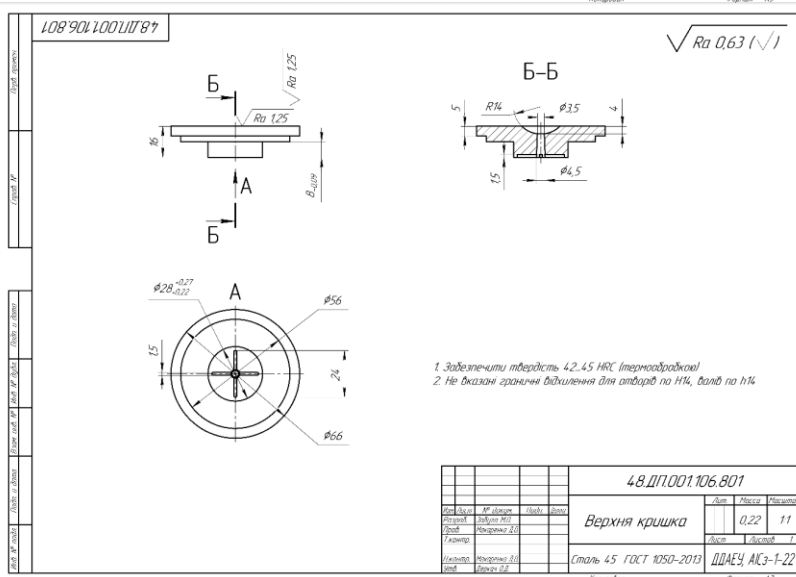
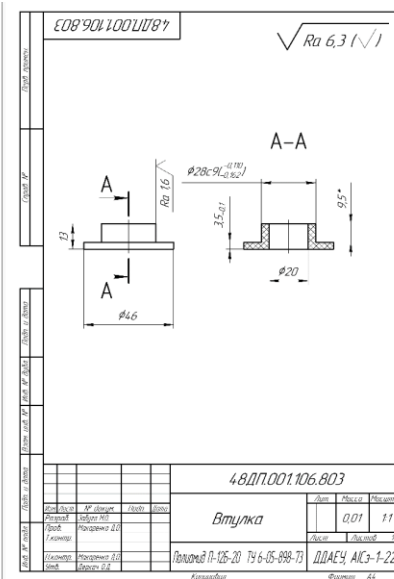
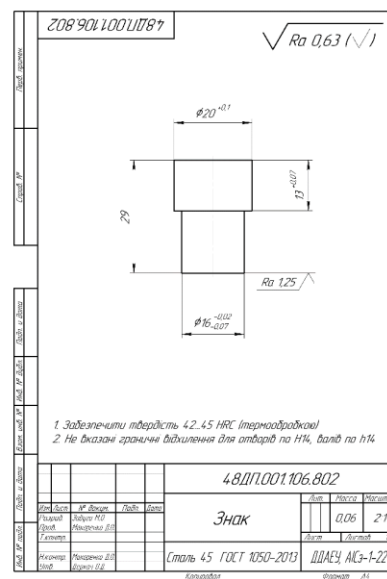
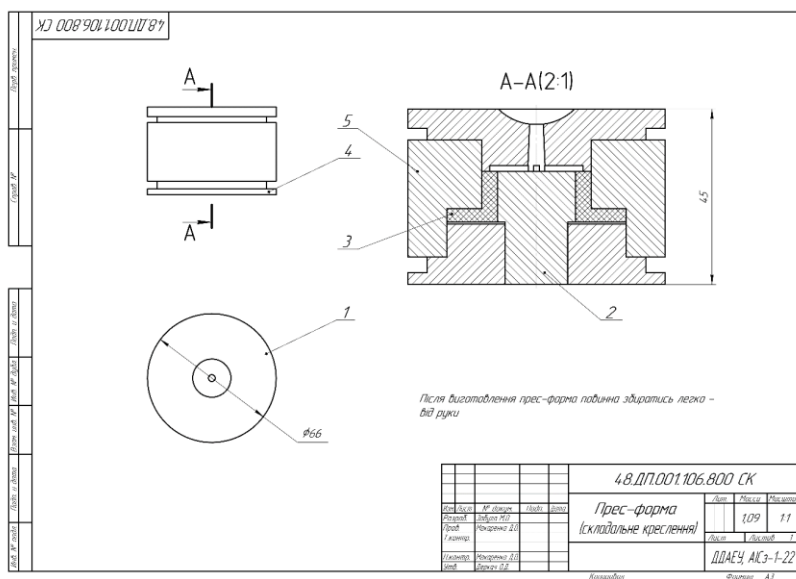
врожайність зерна - 5,6 т/га

Група господарств-II

	Операції	Агротех ним	4	5	Обсяг роботи	Строки виконання		Склад агрегату				кількість с.г. машин	Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-гол/га		Кількість нормо-змін
						каваларії	трималість, днів	трактор	зіплка	с.-г. м.	за годину		за міну	за добу	агрегатів	трактористів	додаткових працівників	за нормою	на весь обсяг	на одиницю роботи	на весь обсяг		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	Дискування	12-14 см	га	290	05-20.08	7	21	JD-6125R		АТТ-3,0	1	2,2	15,4	46,2	1	2		3,40	986,0	0,45	131,8	18,83	
2	Завантаження мінеральних добрив	0,1 т/га	т	29	10-25.09	6	14	МТЗ-892		Оаімм-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	5,5	0,05	1,3	0,19	
3	Внесення добрив СулерАгро	0,10 т/га	га	290	10-25.09	6	14	МТЗ-892		Donder Pro 1500	1	7,49	52,4	104,8	1	2		1,85	536,5	0,13	38,7	5,53	
4	Навантаження насіння	0,2 т/га	т	58	10-25.09	5	14	МТЗ-892		Оаімм-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	11,0	0,05	2,7	0,38	
5	Навантаження діамфосу	0,1 т/га	т	29	10-25.09	5	14	МТЗ-892		Оаімм-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	5,5	0,05	1,3	0,19	
6	Перевезення насіння та добрив і завантаження сівалки	4 км	т	87	10-25.09	5	14	КамАЗ-45143		ЗС-30М	1	7,79	54,5	109,0	1	2		0,74	64,4	0,13	11,2	1,60	
7	Сіпка з нормою 4,5 млн.шт з внесенням добрив	4-5 см	га	290	10-25.09	5	14	Case MX310		JD-730+1910	1	8,74	61,2	122,4	1	2		3,60	1044,0	0,11	33,2	4,74	
8	Перевезення води	0,12 т/га	т	34,8	фаза кушення	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43	
9	Внесення гербіциду Данат 0,2 л/га; Грандстар 30 т/га	0,12 т/га	га	290	фаза кушення	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96	
10	Завантаження мілдобрив	0,10 т/га	т	19	01-20.03	6	14	МТЗ-892		Оаімм-2000	1	21,7	152,0	304,0	1	2		0,19	3,6	0,05	0,9	0,13	
11	Внесення сульфату амонію	0,10 т/га	га	290	01-20.03	6	14	МТЗ-892		Donder Pro 1500	1	7,49	52,4	104,8	1	2		1,85	536,5	0,13	38,7	5,53	
12	Перевіз води та пестицидів	0,12 т/га	т	34,8	15-25.04	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43	
13	Внесення фунгіциду Дерозал 0,5 л/га, регулятор росту Хлормекват Хлорид 1,1 л/га	0,12 т/га	га	290	15-25.04	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96	
14	Перевіз води та пестицидів	0,12 т/га	т	34,8	15-22.05	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43	
15	Внесення гербіциду Аканто Плюс 0,7 л/га, інсектициду Фаскорд 0,15 кг/га, добрива Гумат Калію 0,3 л/га, КАС-32 5 кг/га	0,12 т/га	га	290	15-22.05	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96	
16	Перевіз води та пестицидів	0,12 т/га	т	34,8	02-10.06	5	12	МТЗ-892		Бочка-3,5м³	1	4,05	24,3	48,6	1	2		1,32	45,9	0,25	8,6	1,43	
17	Внесення фунгіциду Рекс Дуо 0,5 л/га, інсектициду Фастак 100 г/га, добрива сульфат магнію 5 кг/га	0,12 т/га	га	290	02-10.06	5	12	JD-6125R		JD-732	1	24,70	148,2	296,4	1	2		0,80	232,0	0,04	11,7	1,96	
18	Пряме комбайнув.	5,6 т/га	га	290	10-30.07	10	14	Case 2388			1	3,46	24,2	48,4	1	2		10,30	2987,0	0,29	83,9	11,98	
19	Перевіз зерна на тік	4 км	т	1624	10-30.07	10	14	КамАЗ-45143		DL-ПТ 1020	1	14,89	104,2	208,4	2	4		0,84	1364,2	0,07	109,1	15,59	
Всього																		31,8	8656	2,65	534	78,2	

[illegible]

Продовження додатку Б



Продовження додатку Б

ХЛОПЦОВИЙ

Лист № 1

Лист № 2

Лист № 3

Лист № 4

Лист № 5

Лист № 6

Лист № 7

Лист № 8

Лист № 9

Лист № 10

Лист № 11

Лист № 12

Лист № 13

Лист № 14

Лист № 15

Лист № 16

Лист № 17

Лист № 18

Лист № 19

Лист № 20

Лист № 21

Лист № 22

Лист № 23

Лист № 24

Лист № 25

Лист № 26

Лист № 27

Лист № 28

Лист № 29

Лист № 30

Лист № 31

Лист № 32

Лист № 33

Лист № 34

Лист № 35

Лист № 36

Лист № 37

Лист № 38

Лист № 39

Лист № 40

Лист № 41

Лист № 42

Лист № 43

Лист № 44

Лист № 45

Лист № 46

Лист № 47

Лист № 48

Лист № 49

Лист № 50

Лист № 51

Лист № 52

Лист № 53

Лист № 54

Лист № 55

Лист № 56

Лист № 57

Лист № 58

Лист № 59

Лист № 60

Лист № 61

Лист № 62

Лист № 63

Лист № 64

Лист № 65

Лист № 66

Лист № 67

Лист № 68

Лист № 69

Лист № 70

Лист № 71

Лист № 72

Лист № 73

Лист № 74

Лист № 75

Лист № 76

Лист № 77

Лист № 78

Лист № 79

Лист № 80

Лист № 81

Лист № 82

Лист № 83

Лист № 84

Лист № 85

Лист № 86

Лист № 87

Лист № 88

Лист № 89

Лист № 90

Лист № 91

Лист № 92

Лист № 93

Лист № 94

Лист № 95

Лист № 96

Лист № 97

Лист № 98

Лист № 99

Лист № 100

Операційно-технологічна карта на обприскування

1. Характеристика умов роботи

1. Культура – пшениця озима;
2. Площа ділянки – 62 га;
3. Довжина гоню – 100 м;
4. Похил ділянки – 2,5%;
5. Фаза розвитку культурних рослин – фаза кущення;
6. Технологічна операція – внесення робочого розчину гербіцидів

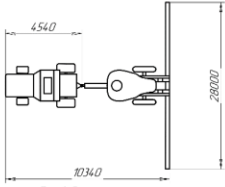
2. Агротехнічні вимоги

1. Норма внесення робочого розчину – 120 л/га;
2. Допустиме відхилення від норми внесення не повинно перевищувати – ±3%;
3. Норма внесення гербіцидів:
Діант – 200 г/га;
Гранстар – 30 г/га;
4. Коефіцієнт варіації нерівномірності внесення не повинен перевищувати 12%;
5. Допускається робота обприскувача за умови, що швидкість вітру не перевищує 4 м/с.

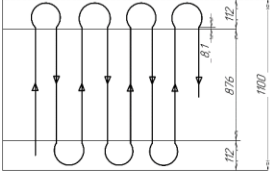
3. Підбір і розрахунок складу агрегату

1. Передачі трактора John Deere 6125R, які забезпечують агротехнічно допустимі швидкості роботи обприскувача John Deere 732: 10, 11 та 12, з відповідними швидкостями руху – 10,9 км/год, 12,6 км/год та 14,6 км/год;
2. Ступінь заданих тяглових зусиль на обраних передачах:
 $\zeta_{p10}=0,68$, $\zeta_{p11}=0,83$, $\zeta_{p12}=1,04$.
3. Основною прийнята 11 передача трактора.

4. Підготовка агрегату до роботи

1. Провести зовнішній огляд агрегату;
2. Виконати планові роботи з ТО трактора та обприскувача;
3. Відповідно до інструкції з експлуатації виконати регулювання норми внесення однієї фарсункової – 1,28 л/хб.


5. Підготовка поля

1. Розбивку поля на заїмки не проводимо;
2. Довжина робочого ходу $L_p = 876$ м;
3. Довжина холостого ходу $L_x = 148,5$ м;


6. Робота агрегату в заїмці

1. Коефіцієнт робочих ходів $\phi = 0,86$.
2. Коефіцієнт використання часу зміни – 0,7
3. Годинна продуктивність МТА – 24,7 га/год;
4. Питома витрата палива на 11 передачі – 0,8 кг/га.

7. Контроль якості роботи

Контроль якості обприскування визначається шляхом порівняння планового обсягу внесення робочого розчину до фактично використаного. Крім того, при роботі обприскувача на основі візуальних спостережень перевіряють чіткість роботи розпилювачів та відключення подачі рідини на поворотних смугах. Рівномірність внесення робочого розчину визначають проведення експериментальних досліджень.

8. Охорона праці

До роботи на МТА для хімічного захисту рослин допускаються працівники, які добре знають конструкції та особливості налаштування обприскувача та не мають медичних протипоказань до виконання такого типу робіт. Обслуговуючий персонал під час приготування робочих розчинів, заправки обприскувача та внесення робочого розчину повинен бути одягнений в спеціальні та мати засоби захисту органів дихання відповідно до вимог. Зона на якій планується внесення пестицидів повинна мати попереджувальні знаки.

48.ДП.001.000.000.07К

Операційно-технологічна карта на обприскування

Лист № 11

ДДАЄУ АІЗ-4-22

Категорія

Функція

АТ

