

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

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 МЕХАНІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ З РОЗРОБКОЮ ПРИСТРОЮ ДЛЯ
ПІДЖИВЛЕННЯ РОСЛИН**

Виконала: здобувачка 3 скороченого курсу,
групи АІС-3-23
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Юлія ШМІДТ

Керівник: _____ Олександр КОБЕЦЬ

Рецензент: _____ Станіслав ФЕДОРОВ

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Шмідт Юлія Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації внесення рідких мінеральних добрив з розробкою пристрою для підживлення рослин

керівник проєкту Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту Огляд технологій внесення рідких мінеральних добрив та засобів для їх забезпечення. Аналіз літературних джерел і сучасних досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки. 1. Виробничо-господарська діяльність підприємства. 2. Огляд технологій внесення рідких мінеральних добрив 3. Обґрунтування конструктивного удосконалення обприскувача та інженерно-технічні розрахунки. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка розробки. Висновки. Література. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Класифікація обприскувачів (А1). 2. Обприскувач. Вид загальний (А1). 3. Штанга. Складальне креслення (А2). 4. Подовжувач. Складальне креслення (А2). 5. Шарнірний корпус. Складальне креслення (А3). 6. Шланг (А3). 7. Перехідник (А3). 8. Порожнистий болт (А3).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Кобець О.М., доцент		
Нормоконтроль	Пономаренко Н.О., доцент		

7. Дата видачі завдання: 23.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 14.04.2026	виконано
2	Технологічний	до 24.04.2026	виконано
3	Конструкційний	до 18.05.2026	виконано
4	Охорона праці	до 01.06.2026	виконано
5	Економічний	до 05.06.2026	виконано
6	Демонстраційна частина	до 12.06.2026	виконано

Здобувачка

(підпис)

Шмідт Ю.Ю. .
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кобець О.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шмідт Ю.Ю. Удосконалення механізації внесення рідких мінеральних добрив з розробкою пристрою для підживлення рослин / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У першому розділі дипломного проєкту проведено аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ «Олдрідж Груп». Охарактеризовано структуру земельних угідь, природно-кліматичні умови та рівень матеріально-технічного забезпечення господарства.

Другий розділ присвячений дослідженню технологій внесення рідких мінеральних добрив. Розглянуто агротехнічні вимоги до процесу внесення, проаналізовано існуючі технологічні рішення, а також виконано огляд конструкцій штангових обприскувачів і розпилювальних пристроїв.

У конструктивній частині обґрунтовано напрямок удосконалення штангового обприскувача та розроблено пристрій для локального підживлення рослин. Наведено опис конструкції, принцип дії, а також виконано інженерні та технологічні розрахунки основних параметрів робочих органів агрегату.

У розділі «Охорона праці» розглянуто умови безпечної експлуатації розробленого обладнання, а також оцінено вплив технологічного процесу на навколишнє середовище з урахуванням використання рідких добрив.

У розділі техніко-економічної оцінки наведено розрахунки ефективності запропонованого технічного рішення, що підтверджують доцільність його впровадження у виробництво.

Ключові слова: рідкі мінеральні добрива, обприскувач, розпилювач, локальне внесення, підживлення рослин, рівномірність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ОЛДРІДЖ ГРУП»	10
1.1 Загальна характеристика господарства та структура земельних угідь	10
1.2 Природно-кліматичні умови та їх вплив на виробництво в господарстві ..	12
1.3 Матеріально-технічне забезпечення та структура виробничих ресурсів господарства.....	14
1.4. Висновки до розділу	17
2. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	18
2.1. Агротехнічні вимоги до внесення рідких мінеральних добрив.....	18
2.2 Аналіз технологій внесення рідких добрив і засобів захисту рослин	19
2.3. Огляд конструкцій штангових обприскувачі	23
2.4 Огляд розпилювачів для внесення рідких мінеральних добрив.....	32
2.5. Висновки до розділу	34
3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ ОБПРИСКУВАЧА	35
3.1. Обґрунтування запропонованої конструкції	35
3.2. Вибір розпилювача	39
3.3. Розрахунок пружини запобіжного клапана	41
3.4. Розрахунок продуктивності гідромішалки	45
3.5. Технологічні розрахунки.....	46
3.6. Висновки до розділу	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1 Заходи з охорони праці при роботі з пристроєм для внесення рідких мінеральних добрив	50
4.2 Оцінка впливу удосконаленого технологічного процесу на навколишнє середовище	52
4.3. Висновки до розділу	53
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	54

5.1. Вихідні дані	54
5.2. Розрахунок показників економічної ефективності	55
5.3. Висновки до розділу	56
ВИСНОВКИ	57
ЛІТЕРАТУРА	58
ДОДАТКИ	61

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного виробництва України характеризується зростанням вимог до ефективності використання матеріально-технічних ресурсів, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, зниження собівартості продукції та впровадження екологічно безпечних технологій. Одним із важливих напрямів інтенсифікації рослинництва є раціональне застосування мінеральних добрив, зокрема рідких форм, які забезпечують високу швидкість засвоєння поживних речовин, рівномірність розподілу та можливість поєднання з сучасними системами точного землеробства. Разом із тим традиційні технології внесення рідких мінеральних добрив не завжди забезпечують належну ефективність через значні непродуктивні втрати, нерівномірність розподілу, випаровування, знесення робочої рідини та недостатню локалізацію поживних речовин у зоні живлення рослин [8].

Особливо актуальним є вдосконалення технічних засобів для локального внесення рідких мінеральних добрив, що дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних елементів, зменшити витрати добрив, знизити негативний вплив на навколишнє середовище та підвищити економічну ефективність виробництва. У зв'язку з цим модернізація штангових обприскувачів шляхом удосконалення системи внесення рідких добрив є важливим інженерним завданням, спрямованим на підвищення технологічної, економічної та екологічної результативності аграрного виробництва [24].

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності технологічного процесу локального внесення рідких мінеральних добрив шляхом удосконалення конструкції штангового обприскувача з обґрунтуванням його конструктивно-технологічних параметрів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- провести аналіз виробничо-господарської діяльності базового підприємства та існуючих технологій внесення рідких мінеральних добрив;

- здійснити огляд сучасних конструкцій обприскувачів і розпилювачів вітчизняного та закордонного виробництва;
- обґрунтувати вибір напрямку модернізації штангового обприскувача;
- розробити удосконалену конструкцію робочих органів для локального внесення рідких добрив;
- виконати необхідні інженерні та технологічні розрахунки;
- оцінити умови охорони праці та екологічний вплив удосконаленого технологічного процесу;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованого інженерного рішення.

Реалізація поставлених завдань дозволить обґрунтувати доцільність впровадження модернізованого штангового обприскувача у виробництво та сприятиме підвищенню ефективності використання рідких мінеральних добрив у сучасному сільському господарстві.

1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ОЛДРІДЖ ГРУП»

1.1 Загальна характеристика господарства та структура земельних угідь

Товариство з обмеженою відповідальністю «Олдрідж Груп» є сільськогосподарським підприємством, що зареєстроване у місті Запоріжжя за адресою: проспект Соборний, 152, офіс 28. Земельний фонд господарства розміщений у межах Томаківського району Дніпропетровської області на території села Настасівка (рис. 1.1).

Загальна площа сільськогосподарських угідь підприємства становить близько 580 га. До їх складу входять орні землі, площі під багаторічними насадженнями, а також ділянки, зайняті овочевими культурами, серед яких важливе місце відводиться вирощуванню картоплі. Така структура земельного фонду дозволяє господарству забезпечувати диверсифіковане виробництво та більш ефективно використовувати природно-кліматичні ресурси.



Рисунок 1.1 – Розташування земельних угідь ТОВ «Олдрідж Груп»
на території району

Основною спеціалізацією підприємства є вирощування зернових і технічних культур, а також овочевої продукції. У виробничій діяльності активно впроваджуються сучасні агротехнології, що передбачають комплексну

механізацію всіх технологічних процесів – від підготовки ґрунту до збирання врожаю. Значна увага приділяється моніторингу стану ґрунтового покриву та розвитку рослин, що дає змогу своєчасно коригувати технологічні операції та досягати високих показників урожайності і якості продукції.

Рослинницька галузь у господарстві організована з урахуванням сучасних наукових підходів до ведення землеробства. Зокрема, застосовуються елементи точного землеробства, що передбачають оптимізацію норм внесення добрив і засобів захисту рослин залежно від конкретних умов поля. Систематичне використання мінеральних добрив та ефективних засобів захисту сприяє формуванню стабільних урожаїв і підвищенню економічної ефективності виробництва.

Важливим напрямом діяльності підприємства є забезпечення якісного обробітку ґрунту та дотримання науково обґрунтованих сівозмін. Це дозволяє не лише підтримувати, а й поступово відновлювати родючість ґрунтів, зменшувати їх деградацію та покращувати агрофізичні властивості.

Матеріально-технічна база господарства постійно модернізується. У виробничому процесі використовуються сучасні сільськогосподарські машини та агрегати, які забезпечують виконання польових робіт у оптимальні агротехнічні строки та з високою якістю. Це сприяє зниженню витрат ресурсів і підвищенню загальної ефективності виробництва.

Виробнича інфраструктура підприємства є достатньо розвиненою і включає складські приміщення для зберігання сільськогосподарської продукції, машинно-тракторний парк, ремонтні майстерні та інші допоміжні об'єкти. Наявність кваліфікованих кадрів і належний рівень організації виробничих процесів забезпечують стабільну роботу господарства, його економічну стійкість та конкурентоспроможність у сучасних умовах аграрного ринку.

1.2 Природно-кліматичні умови та їх вплив на виробництво в господарстві

Земельні угіддя ТОВ «Олдрідж Груп» розташовані в межах степової природно-кліматичної зони України. Для цієї території характерний помірно континентальний клімат, який відзначається жарким і посушливим літнім періодом та відносно м'якою, малосніжною зимою. У цілому такі умови є придатними для вирощування більшості сільськогосподарських культур, однак значна варіабельність погодних факторів створює ризики для стабільності врожайності.

Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами звичайними середньогумусного типу. Вони характеризуються високим вмістом органічної речовини, доброю агрегатною структурою та сприятливими фізико-хімічними властивостями. Такі ґрунти мають високий природний потенціал родючості, добре утримують вологу та ефективно реагують на внесення мінеральних добрив. Разом із тим, за умов дефіциту опадів можливе погіршення їх структури, зокрема ущільнення орного шару, що негативно впливає на водний режим і засвоєння елементів живлення рослинами.

Аналіз кліматичних умов за останні роки (рис. 1.2) свідчить про тенденцію до підвищення середньорічних температур та збільшення тривалості періодів із високими температурними навантаженнями. Зимовий період характеризується нестійкістю погодних умов, частими відлигами та недостатнім сніговим покривом, що може ускладнювати перезимівлю озимих культур і підвищувати ризик їх вимерзання.

Весняний період, як правило, супроводжується швидким зростанням температури повітря, що створює передумови для раннього початку польових робіт. Водночас у цей час часто спостерігається недостатнє зволоження верхніх шарів ґрунту, що може негативно впливати на проростання насіння та початковий розвиток рослин.

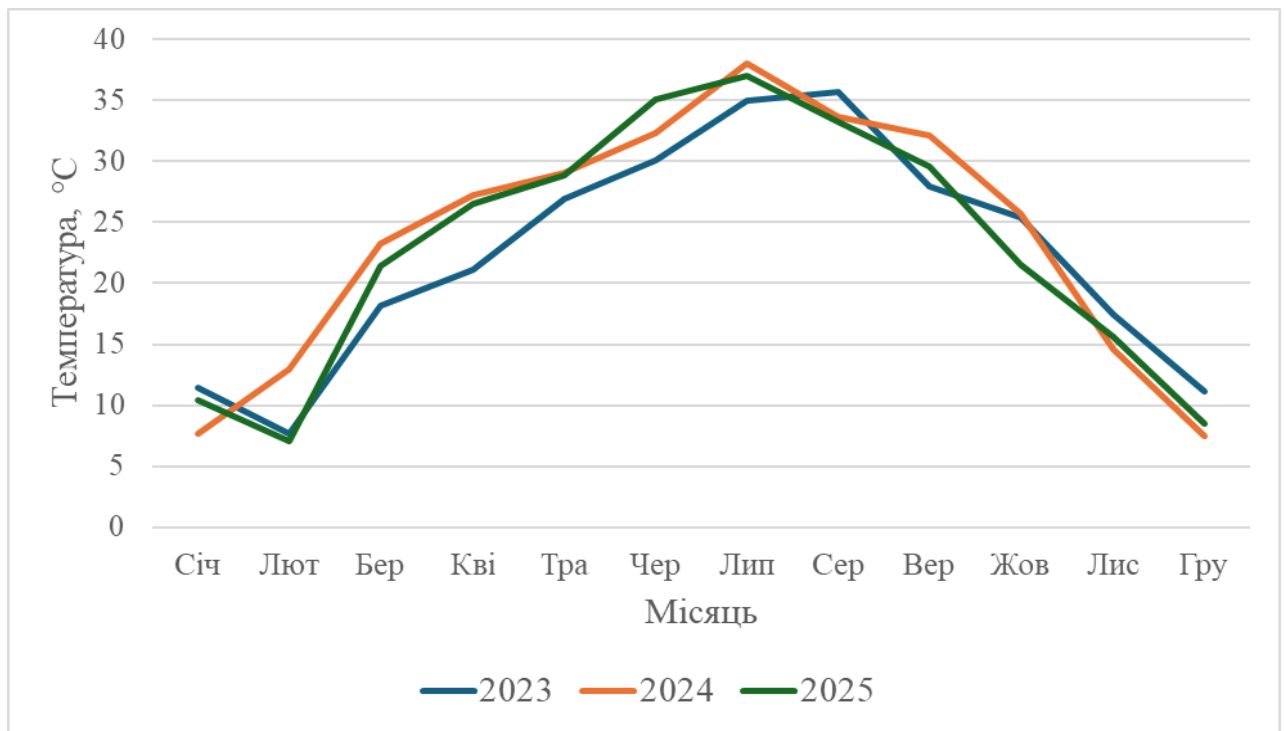


Рисунок 1.2 – Місячні температури повітря за 2023-2025 рр.

У літній період переважають високі температури, які нерідко перевищують оптимальні значення для нормального росту сільськогосподарських культур. Це спричиняє інтенсивне випаровування вологи та формування посушливих умов, особливо в критичні фази розвитку рослин. Осінній сезон зазвичай характеризується відносно теплою та сухою погодою, що є сприятливим для проведення збиральних робіт і підготовки ґрунту під наступний аграрний цикл.

Річна кількість атмосферних опадів (рис. 1.3) у зоні розташування господарства є обмеженою і розподіляється нерівномірно протягом року. Основна їх частина припадає на весняно-літній період, проте навіть у цей час можливі тривалі посушливі інтервали. Така нестабільність зволоження виступає одним із основних факторів, що обмежують рівень урожайності, особливо для культур із високими потребами у волозі, зокрема картоплі.

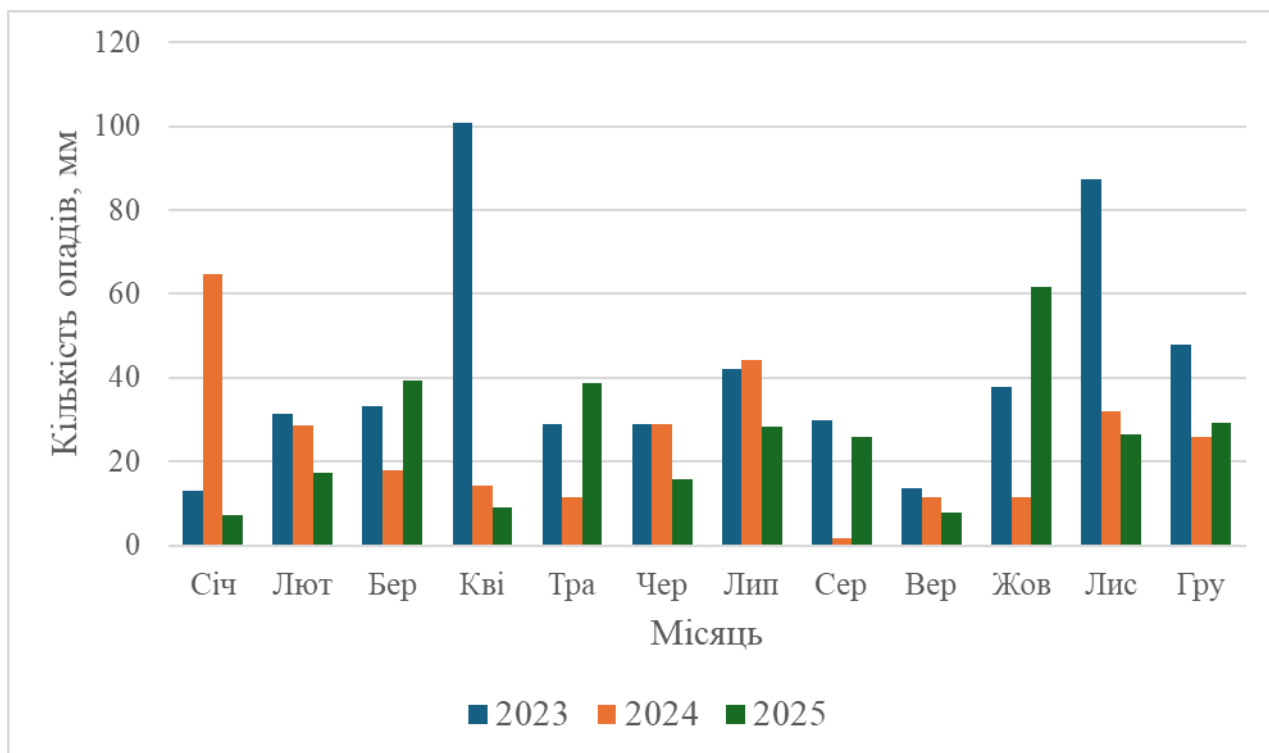


Рисунок 1.3 – Розподіл місячної кількості опадів за 2023-2025 рр

1.3 Матеріально-технічне забезпечення та структура виробничих ресурсів господарства

Матеріально-технічна база підприємства є ключовим елементом, що визначає рівень ефективності сільськогосподарського виробництва. Забезпеченість сучасною технікою та обладнанням безпосередньо впливає на ступінь механізації технологічних процесів, якість виконання польових робіт і можливість їх проведення у встановлені агротехнічні строки. У ТОВ «Олдрідж Груп» сформовано комплекс машин і технічних засобів, який дозволяє виконувати повний цикл виробничих операцій – від основного та передпосівного обробітку ґрунту до збирання врожаю.

Структура посівних площ господарства орієнтована на вирощування зернових та технічних культур, що відповідає його виробничій спеціалізації. Провідне місце займають озима пшениця, кукурудза на зерно та соняшник. Окрім цього, вирощуються ярі зернові культури, ріпак озимий, а також картопля як важлива продовольча культура. Така диверсифікація дозволяє

зменшити виробничі ризики, пов'язані з несприятливими погодними умовами, та забезпечити стабільність отримання продукції.

Формування структури посівних площ здійснюється на основі науково обґрунтованих принципів сівозміни з урахуванням біологічних особливостей культур, стану ґрунтів і економічної доцільності їх вирощування. Це сприяє раціональному використанню земельних ресурсів, підтриманню родючості ґрунтів та підвищенню загальної ефективності господарювання (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Структура посівних площ господарства

№ п/п	Культура	Площа, га	Частка, %
1	Пшениця озима	200	34,5
2	Ячмінь ярий	80	13,8
3	Кукурудза на зерно	120	20,7
4	Соняшник	130	22,4
5	Ріпак озимий	30	5,2
6	Картопля	20	3,4
Всього		580	100

Для забезпечення виконання всіх агротехнічних операцій у господарстві сформовано машинно-тракторний парк, який включає техніку різного призначення. Це дозволяє своєчасно та якісно виконувати обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами, збирання врожаю та транспортування продукції.

До складу машинно-тракторного парку входять трактори різних класів тяги, зернозбиральні та спеціалізовані комбайни, транспортні засоби, а також широкий спектр причіпних і навісних машин (таблиця 1.2).

Наявний технічний парк забезпечує виконання основних технологічних операцій при вирощуванні більшості культур. У господарстві використовуються спеціалізовані машини для садіння, догляду за посівами та збирання врожаю цієї культури.

Таблиця 1.2 – Склад машинно-тракторного парку господарства

Найменування та марки	Кількість
Трактори:	
John Deere 6920	1
MT3 1221	2
MT3 82.1	2
Автомобілі самоскиди:	
JAC N350	3
SITRAK C7H	2
Комбайни:	
New Holland CX6090	1
Claas Lexion 560 2008	1
AVR 220B	1
Сівалки:	
СЗД-420V	2
VESTA-8	1
Väderstad TEMPO F8	1
Плуги:	
ПЛН-4-35	4
Культиватори:	
АКПК-4	1
KUHN HRB-302	1
BASELIER FK-310	1
BASELIER LK-310	1
ALTAIR-5,6	2
Борони:	
Pallada 3000	2
Розкидачі:	
Rauch AXIS M 30.2 Q	1
POY-6	1
Оприскувачі:	
ОП-2500-18К	1

Для комплексної оцінки ефективності матеріально-технічної бази важливо проаналізувати рівень забезпеченості господарства основними видами сільськогосподарської техніки та її відповідність обсягам виробництва. Наявність достатньої кількості машин різного призначення дозволяє забезпечити виконання всіх технологічних операцій у встановлені агротехнічні строки та з належною якістю.

Аналіз машинно-тракторного парку свідчить, що господарство у достатній мірі забезпечене тракторами різних класів тяги, що дає змогу ефективно виконувати як енергомісткі операції (оранка, глибоке розпушування), так і роботи, пов'язані з передпосівним обробітком ґрунту та доглядом за посівами. Наявність універсальних та просапних тракторів забезпечує гнучкість у використанні техніки залежно від виробничих потреб.

Зернозбиральна техніка представлена сучасними комбайнами, що дозволяє своєчасно проводити збирання основних культур без значних втрат урожаю. Це особливо важливо в умовах нестійкого клімату, коли строки збирання можуть бути обмежені несприятливими погодними умовами.

Окрему увагу слід приділити технічним засобам для внесення добрив та захисту рослин. У господарстві наявні розкидачі мінеральних добрив, які забезпечують рівномірне внесення поживних речовин. Разом з тим, обприскування посівів здійснюється за допомогою штангового обприскувача типу ОП-2500-18К, який використовується для внесення засобів захисту рослин та рідких мінеральних добрив.

Наявний обприскувач дозволяє виконувати основні операції з хімічного захисту культур, проте його використання має певні обмеження. Зокрема, ефективність обробки значною мірою залежить від погодних умов (швидкості вітру, температури, вологості повітря), а також від технічного стану розпилювальних пристроїв. Крім того, відсутність сучасних систем контролю норми внесення та автоматизації процесу може призводити до перевитрат робочого розчину або нерівномірності обробки.

1.4. Висновки до розділу

Проведено всебічний аналіз виробничо-господарської діяльності сільськогосподарського підприємства. Встановлено, що господарство має значний виробничий потенціал, достатню площу орних земель та використовує сучасні технології вирощування культур, однак існуюча система внесення рідких мінеральних добрив потребує вдосконалення через недостатню точність, підвищені втрати поживних речовин та значні експлуатаційні витрати.

2. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

2.1. Агротехнічні вимоги до внесення рідких мінеральних добрив

Ефективність вирощування сільськогосподарських культур значною мірою залежить від рівня забезпечення рослин елементами мінерального живлення. У сучасних технологіях землеробства все ширше застосовуються рідкі мінеральні добрива, що обумовлено їх високою доступністю для рослин, можливістю точного дозування та рівномірного розподілу по площі.

Внесення рідких мінеральних добрив повинно здійснюватися з урахуванням комплексу агротехнічних вимог, спрямованих на забезпечення максимальної ефективності використання поживних речовин і мінімізацію їх втрат. До основних із них належать рівномірність розподілу, точність дотримання норми внесення, оптимальний розмір крапель робочого розчину, а також відповідність параметрів внесення біологічним особливостям культур [22].

Однією з ключових вимог є забезпечення рівномірного розподілу добрив по оброблюваній поверхні. Допустиме відхилення від заданої норми внесення, як правило, не повинно перевищувати $\pm 10-15\%$ залежно від технологічної операції та виду культури [20].

Не менш важливою є точність дозування робочого розчину. Вона забезпечується стабільністю роботи дозувальних і регулюючих пристроїв обприскувача, а також підтриманням постійного робочого тиску в системі. Коливання тиску призводить до зміни витрати через розпилювачі та порушення встановленої норми внесення, що знижує ефективність використання добрив [20].

Суттєвий вплив на якість внесення має розмір краплин робочої рідини. При формуванні дрібнокрапельного факела забезпечується висока рівномірність покриття поверхні, однак такі краплі більш схильні до знесення повітряними потоками та випаровування. Великі краплі, навпаки, характеризуються кращою проникною здатністю і меншою втратою від

знесення, проте можуть спричиняти нерівномірний розподіл і локальні перевищення концентрації добрив. У зв'язку з цим для внесення рідких мінеральних добрив доцільно застосовувати середньо- та крупнокрапельне розпилення.

Важливою агротехнічною вимогою є мінімізація втрат робочої рідини під час внесення. Основними причинами втрат є знесення крапель вітром, випаровування, а також затримання робочого розчину на листовій поверхні без досягнення прикореневої зони. Особливо це характерно для обробки високостеблових культур, де значна частина розчину осідає на вегетативних органах рослин і не бере участі у живленні кореневої системи.

З огляду на це, важливо забезпечити спрямоване внесення рідких добрив безпосередньо в зону розташування кореневої системи. Такий підхід дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних речовин і зменшити їх непродуктивні втрати. Це особливо актуально при міжрядному обробітку просапних культур, де необхідно враховувати геометрію розміщення рослин і параметри міжрядь.

2.2 Аналіз технологій внесення рідких добрив і засобів захисту рослин

У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовується декілька основних технологій внесення рідких мінеральних добрив і засобів захисту рослин, які відрізняються способом подачі робочої рідини, ступенем її використання рослинами та впливом на навколишнє середовище. До найбільш поширених належать поверхневе обприскування, внутрішньогрунтове внесення, прикореневе внесення, а також краплинне і диференційоване внесення, що є складовими елементів точного землеробства [7, 13].

Поверхневе обприскування (рис. 2.1) є традиційною та найбільш поширеною технологією внесення рідких добрив і засобів захисту рослин. Суть даного способу полягає у розпиленні робочого розчину над поверхнею поля за допомогою штангових обприскувачів із подальшим осіданням крапель на листову поверхню рослин або ґрунт. Дана технологія характеризується

високою універсальністю та може застосовуватися для більшості польових культур незалежно від фази їх розвитку. Разом із тим, ефективність поверхневого обприскування значною мірою залежить від метеорологічних умов. За наявності вітру відбувається знесення дрібнодисперсних крапель за межі оброблюваної ділянки, а при високих температурах і низькій вологості — їх інтенсивне випаровування. Крім того, при обробці високостеблових культур значна частина робочої рідини затримується на листовій масі і не досягає прикореневої зони, що знижує ефективність використання добрив.

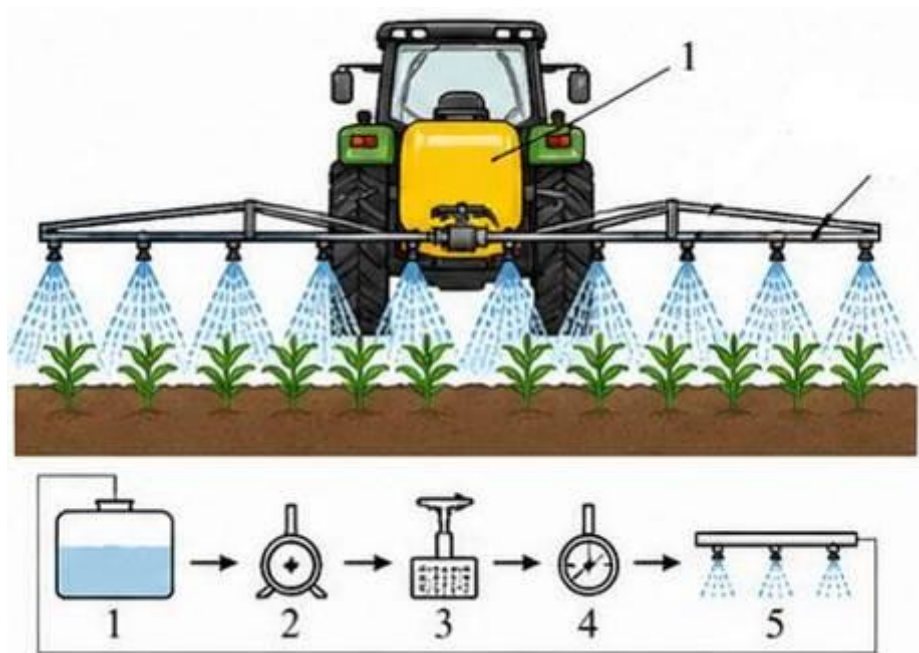


Рисунок 2.1 – Поверхнєве внесення за допомогою штангового обприскувача:

1 – бак для робочої рідини; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – регулятор тиску;

5 – штанга з розпилювачами

Внутрішньогрунтове внесення (рис. 2.2) передбачає подачу рідких добрив безпосередньо у ґрунт на певну глибину за допомогою спеціальних робочих органів – інжекторів, сошників або ножів. Такий спосіб дозволяє максимально наблизити поживні речовини до кореневої системи рослин, що значно підвищує коефіцієнт їх використання. Водночас внутрішньогрунтове внесення практично усуває втрати від випаровування і знесення, що є характерними для поверхневого обприскування. Однак реалізація цієї технології потребує використання більш складних і енергоємних машин, а також супроводжується

додатковим механічним впливом на ґрунт, що може призводити до його ущільнення. Даний спосіб є найбільш доцільним при основному внесенні добрив або під час передпосівного обробітку ґрунту.

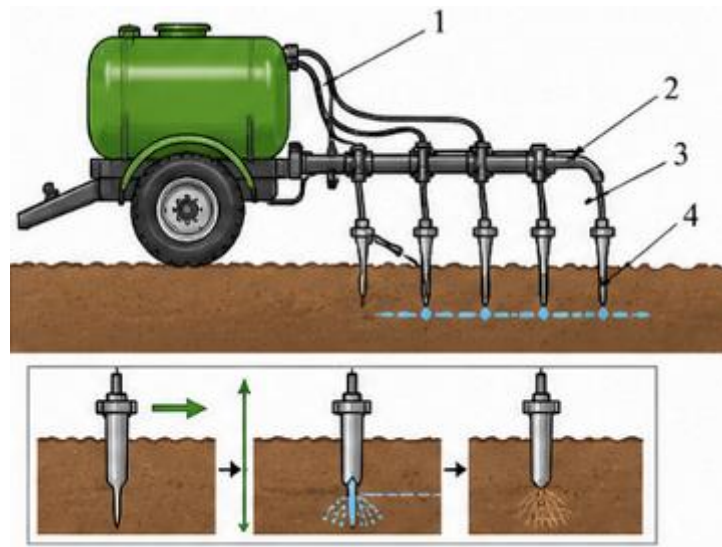


Рисунок 2.2 – Підгрунтове внесення РМД:

1 – бак; 2 – розподільник; 3 – трубопроводи; 4 – робочі органи (ін’єктори, ножі, сошники)

Прикореневе внесення (рис. 2.3) займає проміжне положення між поверхневим і внутрішньогрунтовим способами. Воно передбачає подачу робочої рідини у міжряддя, безпосередньо поблизу рослин.



Рисунок 2.3 – Прикореневе внесення:

1 – бак; 2 – шланги (подовжувачі); 3 – розпилювач; 4 – коренева система рослин

Така технологія дозволяє значно зменшити витрати добрив за рахунок їх цілеспрямованого внесення та підвищити ефективність живлення культур. Особливо ефективним є при вирощуванні просапних культур, таких як кукурудза, соняшник тощо.

Прикореневе внесення дозволяє оптимізувати витрати добрив і підвищити їх ефективність, особливо при вирощуванні просапних культур, що робить його перспективним напрямом удосконалення існуючих машин.

Краплинне внесення (фертигація) (рис. 2.4) рідких добрив реалізується через системи зрошення і передбачає подачу поживних речовин разом із водою безпосередньо до кореневої зони рослин у вигляді крапель. Такий спосіб забезпечує найвищий рівень використання добрив, оскільки виключає їх втрати та дозволяє підтримувати оптимальну концентрацію поживних речовин у ґрунті.

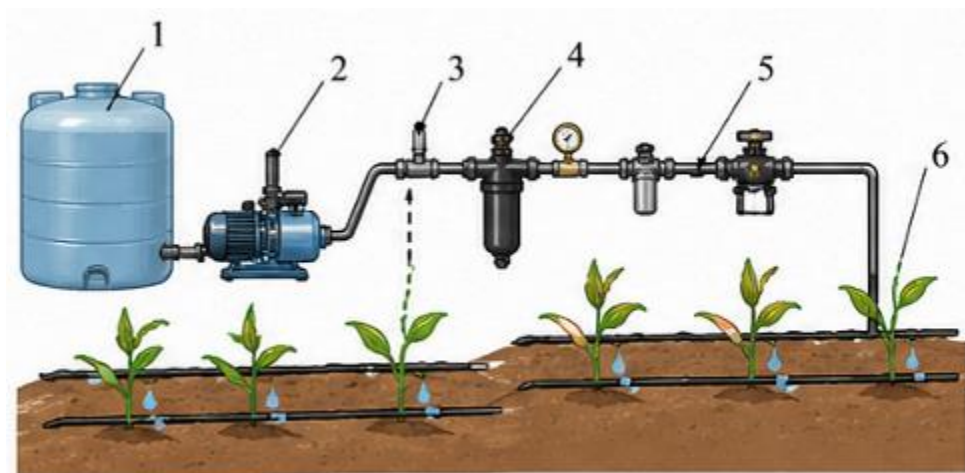


Рисунок 2.4 – Краплинне внесення (фертигація):

- 1 – бак для розчину добрив; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – регулятор тиску;
5 – магістральний трубопровід; 6 – крапельні лінії з крапельницями

Краплинне внесення широко застосовується в овочівництві, садівництві та при вирощуванні культур на зрошуваних землях. Основними його недоліками є висока вартість обладнання, складність монтажу та обслуговування систем, а також необхідність використання чистої води для запобігання засміченню крапельниць.

Диференційоване внесення є сучасною технологією, що базується на принципах точного землеробства і передбачає зміну норми внесення добрив і ЗЗР залежно від просторової неоднорідності поля.

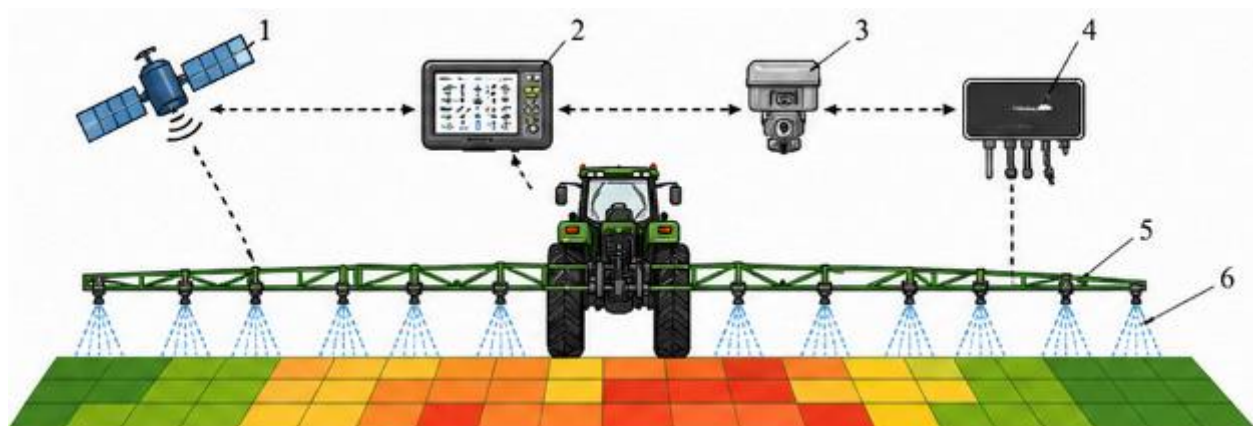


Рисунок 2.5 – Дифереційоване внесення з використанням системи точного землеробства: 1 – GPS-навігація; 2 – бортовий комп'ютер (термінал); 3 – датчики стану рослин, урожайності; 4 – блок керування нормою внесення; 5 – секційні клапани; 6 – розпилювачі.

Реалізація цієї технології здійснюється за допомогою систем GPS-навігації, датчиків стану рослин та електронних контролерів, які регулюють подачу робочої рідини в реальному часі. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів, зменшити витрати препаратів і підвищити екологічну безпеку виробництва. Разом із тим, впровадження диференційованого внесення потребує значних інвестицій, високого рівня технічного забезпечення та кваліфікації персоналу.

2.3. Огляд конструкцій штангових обприскувачі

Штангові обприскувачі є основним технічним засобом для внесення рідких мінеральних добрив і засобів захисту рослин у сучасному землеробстві. Їх конструкція забезпечує рівномірний розподіл робочої рідини по ширині захвату за рахунок використання горизонтальної штанги з розпилювачами. Загалом такі машини складаються з бака для робочої рідини, насоса, системи

фільтрації, регулятора тиску, трубопроводів та штанги з розпилювачами [15,16].

Принцип роботи полягає у подачі робочої рідини насосом із бака через систему фільтрів і регуляторів до розподільного пристрою та подальшому розпиленні через форсунки, встановлені на штанзі.

За способом агрегування штангові обприскувачі поділяються на навісні, причіпні та самохідні [17].

Навісні обприскувачі агрегуються безпосередньо з трактором через триточкову навіску і характеризуються невеликою місткістю бака (до 1000 л) та відносно малою шириною захвату. Вони відзначаються простотою конструкції, маневреністю та низькою вартістю, що робить їх придатними для малих господарств. Однак обмежений об'єм бака зумовлює часті зупинки для заправки, що знижує продуктивність.

Причіпні обприскувачі є найбільш поширеним типом у середніх і великих господарствах. Вони мають більшу місткість бака (2000–4000 л), ширину штанги 18-36 м і забезпечують високу продуктивність. Конструкція таких машин включає раму на колесах, гідравлічну систему складання штанги та механізми її стабілізації.

Самохідні обприскувачі являють собою високопродуктивні машини, що мають власний двигун і шасі. Вони характеризуються великою шириною захвату (до 40 м і більше), високою швидкістю роботи та наявністю автоматизованих систем керування. Сучасні моделі оснащуються електронними системами контролю норми внесення, GPS-навігацією та автоматичним регулюванням положення штанги, що забезпечує високу точність обробки

Провідні позиції у світовому машинобудуванні для хімічного захисту рослин займають такі компанії, як «Amazone», «BBG», «CASE», «RAU», «Schmotzer», «Dubex», «Hardi», «Inema», «Berthoud» та «Теснома», які спеціалізуються на виробництві високопродуктивних обприскувачів різних конструктивних схем. Асортимент їхньої продукції охоплює широкий спектр моделей із різною місткістю баків, шириною захвату штанг та рівнем

технічного оснащення, що дозволяє адаптувати техніку до умов господарств різних масштабів і забезпечувати економічно ефективне виконання технологічних операцій.

Поряд із закордонними виробниками, вагоме місце на ринку займають і вітчизняні підприємства, зокрема «Богуславська сільгосптехніка», «Львівагромашпроект», «Ельворті», «АЯКС», «АгроМОДУЛЬ», які випускають обприскувачі, адаптовані до ґрунтово-кліматичних умов України. Вітчизняні машини відзначаються простішою конструкцією, доступнішою вартістю та придатністю до експлуатації у середніх і малих господарствах, хоча за рівнем автоматизації та точності внесення часто поступаються провідним світовим аналогам.

Виробник TAD-LEN спеціалізується на виготовленні широкого типорозмірного ряду навісних польових обприскувачів, орієнтованих на господарства різної площі та рівня технічного забезпечення. Лінійка машин охоплює моделі з місткістю баків від 400 до 1200 л (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Навісний обприскувач TL1218 (Польща)

Конструктивно обприскувачі комплектуються поліетиленовими баками, мембранно-поршневими насосами продуктивністю від 60 до 200 л/хв, штангами шириною 12-18 м із ручним або гідравлічним складанням, а також системами

стабілізації різного рівня складності. До базових моделей належать TL412 (400 л), TL515/TL612 (500-600 л), TL1015 (1000 л) та TL1215/TL1218 (1200 л) [4].

Обприскувачі TAD-LEN вирізняються модульністю, адаптивністю до різних умов експлуатації та відповідністю європейським вимогам безпеки. Основними перевагами є широкий вибір параметрів, доступність, ремонтпридатність та можливість комплектації під конкретні технологічні задачі. Разом із тим, порівняно з провідними високотехнологічними брендами, окремі моделі поступаються за рівнем автоматизації, точністю стабілізації штанги та інтеграцією систем точного землеробства.

Компанія AP Dubex (рис. 2.7) виробляє лінійка навісних обприскувачів з максимальною місткістю бака 1100 л, робочою шириною штанги від 15 до 27 м, насосом продуктивністю до 260-300 л/хв при робочому тиску до 15 бар [1].



Рисунок 2.7 – Навісний обприскувач Dubex Model 8 (Нідерланди)

Конструктивною особливістю навісних обприскувачів AP Dubex є застосування фірмової системи «Superbalans», яка забезпечує самовирівнювання штанги та стабілізацію її положення незалежно від нерівностей рельєфу. Додатково використовується система горизонтального демпфування коливань, що знижує поздовжні та поперечні розгойдування штанги під час руху. Штанги мають електрогідравлічне регулювання висоти,

гідравлічне складання та систему захисту крайніх секцій від механічних пошкоджень.

Система подачі робочої рідини реалізована за принципом повної циркуляції, що дозволяє підтримувати постійний тиск у магістралях та виключати затримки подачі препарату після відкриття секцій. Використання пневматичного керування форсунками сприяє швидкому реагуванню системи на зміну режимів роботи та мінімізує так званий V-подібний ефект нерівномірного розпилення. Машини оснащуються електронними системами контролю, ISOBUS-сумісністю, електроклапанами, індуктивними витратомірами та системами контролю рівня рідини.

ПАТ «Богуславська сільгосптехніка» спеціалізується на серійному виробництві широкого модельного ряду причіпних штангових обприскувачів професійного рівня. Асортимент підприємства охоплює серії ODYSSEY, KRONOS, TITAN та ATLANT [6].

Серія ODYSSEY характеризуються баком місткістю 2000 л та шириною штанги 18 м. Конструкція включає паралелограмну підвіску штанги, гідравлічне регулювання висоти в межах 0,6-1,8 м, систему стабілізації та можливість плавного регулювання колії. Основною перевагою є маневреність, простота експлуатації та доступність. Недоліками залишаються обмежена продуктивність при великих площах, менший запас робочої рідини та базовий рівень автоматизації.

Серія KRONOS оснащуються гідравлічними штангами шириною 21-24 м, потужнішими насосами, сучаснішими системами змішування робочого розчину та якісними комплектуючими від провідних світових виробників (Annovi Reverberi, ARAG, Lechler).

Серія TITAN характеризується посиленою конструкцією рами, широкозахватними штангами (до 24 м), високопродуктивними насосами (до 250 л/хв), збільшеним кліренсом та великим діаметром коліс, що забезпечує можливість роботи на значних площах із мінімізацією технологічних зупинок. Особливістю конструкції є удосконалена система стабілізації штанги,

гідромеханічне гасіння коливань, система захисту секцій при зіткненні з перешкодами та підвищена антикорозійна стійкість завдяки порошковому фарбуванню.

Серія ATLANT (рис. 2.8) комплектується баками до 4000 л, штангами до 36 м, сучасними електронними системами контролю, GPS-навігацією, комп'ютеризованими системами управління нормою внесення, індивідуальним керуванням секціями та можливістю інтеграції елементів точного землеробства. Важливою перевагою є незалежне регулювання кутів нахилу правої та лівої секцій штанги, що суттєво покращує стабільність роботи на нерівних полях.



Рисунок 2.8 – Причіпний обприскувач ATLANT 4200 (Україна)

Elvortі випускає серію причіпних обприскувачів TETIS (рис. 2.9), модельний ряд включає машини з шириною захвату 18, 21, 24 та 28 м, комплектуються баком місткістю близько 3200 л, посиленою рамою, сучасною системою циркуляції робочого розчину, гідравлічним керуванням штангою та високопродуктивними насосами.

Особливістю обприскувачів є використання високоміцної сталеві штанги із системою паралелограмної підвіски, яка забезпечує стабільність положення робочих секцій відносно поверхні поля. У сучасних комплектаціях

застосовується система автоматичної стабілізації штанги BLC (Boom Level Control), яка дозволяє підтримувати задану висоту внесення та мінімізувати нерівномірність розподілу робочої рідини [3].



Рисунок 2.9 – Причіпний обприскувач Elvorti Tetis-24 (Україна)

Важливою перевагою техніки Elvorti є наявність кількох рівнів електронного оснащення: Standard, Premium, Premium Plus та ISOBUS, що дозволяє варіювати рівень автоматизації залежно від виробничих потреб. Базові комплектації забезпечують автоматичне посекційне керування, GPS-навігацію та контроль норми внесення, тоді як розширені версії підтримують змінне внесення за картами-завданнями, пофорсуночне керування системою Seletron, інтеграцію з ISOBUS та елементами точного землеробства.

Львівагропромашпроект є одним із провідних українських виробників техніки для хімічного захисту рослин, що спеціалізується на випуску широкого модельного ряду причіпних та самохідних штангових обприскувачів, адаптованих до умов експлуатації в аграрному секторі України.

Причіпні обприскувачі ОПШ комплектуються баком до 3500 л, штангою шириною 21-24 м, мембранно-поршневим насосом (до 250 л/хв). Висота штанги

регулюється в межах приблизно 0,5-2,1 м, що розширює можливості використання агрегату на різних культурах та у різних фазах розвитку рослин.

Важливою перевагою конструкцій «Львівагромашпроект» є використання комплектуючих провідних світових виробників, зокрема насосів Annovi Reverberi, форсунок TeeJet або Lechler, систем змішування Polmac та карданних передач Bondioli & Pavesi. Додатково передбачена можливість оснащення машин GPS-навігацією, автоматизованими системами керування секціями, міксерами для приготування робочих розчинів, LED-підсвіткою та інжекторними форсунками для роботи у складних погодних умовах.

Самохідний обприскувач ОСШ-3,5-27 (рис.2.10) є більш високотехнологічним рішенням підприємства, що оснащується двигуном Deutz потужністю 210 к.с., гідростатичною трансмісією 4×4, кліренсом до 1,86 м, штангою 27 м та баком 3500 л. Машина має можливість роботи на високостеблових культурах, сучасну кабінку, багаторежимне керування колесами та підвищену продуктивність [18].



Рисунок 2.10 – Самохідний обприскувач Львівагромашпроект ОСШ-3,5-27
(Україна)

Компанія CASE IH виробляє самохідні обприскувачі серії Patriot є. Лінійка даних обприскувачів представлена моделями Patriot 3250 (рис. 2.11),

4350 та 4450, які відрізняються місткістю баків від 3785 до 6057 л, потужністю двигунів від 268 до 390 к.с. та шириною штанги до 40 м.

Однією з ключових особливостей конструкції CASE IH Patriot є фірмова схема кабіна попереду – двигун позаду, яка забезпечує рівномірний розподіл маси, покращену стійкість машини, зменшення навантаження на штангу та підвищення комфорту оператора. Така компоновка сприяє кращому огляду робочої зони, зниженню вібраційного навантаження та підвищенню точності роботи на високих швидкостях. Паралелограмна конструкція штанги виготовлена з високоміцних матеріалів, що поєднує значну міцність із відносно невеликою масою. Додатково використовуються сучасні системи стабілізації та автоматичного контролю висоти, які забезпечують рівномірне положення штанги незалежно від нерівностей рельєфу.

Важливим технологічним рішенням є інтеграція системи AIM Command FLEX II, яка дозволяє підтримувати постійну норму внесення незалежно від швидкості руху, забезпечує індивідуальне керування розпилювачами та оптимізує тиск у системі розпилення. Це суттєво підвищує рівномірність внесення, знижує перевитрати препаратів, мінімізує перекриття та пропуски, а також покращує ефективність використання засобів захисту рослин і рідких добрив [2].



Рисунок 2.11 – Самохідний обприскувач CASE Patriot 3250 (США)

2.4 Огляд розпилювачів для внесення рідких мінеральних добрив

Ефективність внесення рідких мінеральних добрив значною мірою залежить від правильного вибору типу розпилювача, який визначає характер формування факела, спектр крапель, рівномірність покриття, локалізацію добрив та величину втрат від знесення, випаровування чи стікання. При внесенні рідких мінеральних добрив особливо важливим є забезпечення максимальної доставки поживних речовин до ґрунту або прикореневої зони при мінімальному контакті з листовою поверхнею, що знижує ризик опіків рослин і підвищує коефіцієнт використання азоту [14, 20].

Сучасні розпилювачі для рідких добрив поділяються на кілька основних конструктивних типів: щілинні (плоскоструменеві), дефлекторні, багатоструменеві, інжекторні [24].

Щілинні розпилювачі (рис. 2.12) є найбільш традиційним типом розпилювачів. Їх конструкція базується на проходженні рідини через калібрований щілинний отвір, унаслідок чого формується плоский факел із кутом розпилення 80-120°. Такі розпилювачі забезпечують добру рівномірність поперечного розподілу за умови правильного перекриття сусідніх факелів.

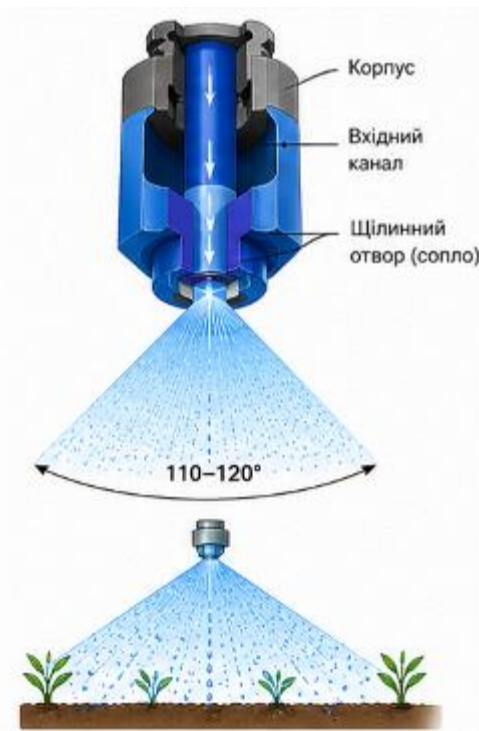


Рисунок 2.12 – Принцип роботи щілинного розпилювача

Перевагами є конструктивна простота, універсальність та широкий вибір продуктивності. Разом із тим, вони формують дрібніші краплі, що збільшує ризик знесення. Тому їх застосування є найбільш доцільним при ранньовесняному поверхневому підживленні або роботі в умовах низької температури та мінімального вітру.

Дефлекторні розпилювачі працюють за принципом удару потоку рідини об виступаючу поверхню (дефлектор), унаслідок чого формується широкий великокраплинний факел. Такі форсунки забезпечують зменшення дрейфу, зниження випаровування та кращу доставку добрив до поверхні ґрунту. Основними перевагами є висока пропускна здатність, стійкість до засмічення. Недоліком є дещо нижча рівномірність розподілу при значних коливаннях штанги.

Багатоструменеві розпилювачі (рис. 2.13) формують кілька окремих струменів, спрямованих безпосередньо до ґрунту або міжряддя. Найчастіше застосовуються три-, п'яти- та семиструменеві конструкції, які забезпечують локалізоване внесення добрив, мінімізують контакт із листям та практично усувають ризик фітотоксичності.



Рисунок 2.13 – Принцип роботи багатоструменевого розпилювача

Інжекторні (рис. 2.14) є одним із найсучасніших рішень у сфері внесення рідких добрив та засобів захисту рослин. Їх конструкція базується на принципі всмоктування повітря, яке змішується з рідиною, утворюючи великі повітряно-краплинні структури. У результаті формуються крупні краплі з низькою схильністю до знесення. Перевагами інжекторних форсунок є: зменшення дрейфу до 80%; стабільність роботи у широкому діапазоні тисків; зниження втрат азоту; покращення роботи в умовах вітру.



Рисунок 2.14 – Принцип роботи інжекторного розпилювача

2.5. Висновки до розділу

Проведено аналіз сучасного стану технологій внесення рідких мінеральних добрив та засобів захисту рослин у сільськогосподарському виробництві. Проаналізовано існуючі способи внесення рідких добрив, серед яких поверхневе, внутрішньогрунтове, локальне та диференційоване внесення, і визначено, що найбільш перспективним є локальне внесення, яке дозволяє підвищити коефіцієнт використання поживних речовин та мінімізувати екологічні ризики. Розглянуто сучасні конструкції обприскувачів та розпилювачів вітчизняного і закордонного виробництва, встановлено їхні переваги та недоліки. Аналіз показав, що існуючі конструкції не повною мірою забезпечують необхідну точність локального внесення рідких мінеральних добрив, що обґрунтовує необхідність удосконалення штангових обприскувачів.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ ОБПРИСКУВАЧА

3.1. Обґрунтування запропонованої конструкції

Сучасний розвиток сільського господарства характеризується переходом до інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, що супроводжується активним застосуванням засобів хімізації. Це створює широкі можливості для цілеспрямованого регулювання родючості ґрунтів та підвищення ефективності агровиробництва. У цих умовах особливого значення набуває раціональне та технічно обґрунтоване використання мінеральних добрив.

Одним із ключових чинників підвищення врожайності є правильна організація процесу внесення мінеральних добрив. Формування ефективної системи їх застосування повинно базуватись на комплексному врахуванні ряду факторів, зокрема: впливу поживних речовин на фізіологічні процеси розвитку рослин, забезпечення рівномірності розподілу добрив по площі, технологічних можливостей їх внесення, фізико-хімічних властивостей сумішей, а також механічного складу та стану ґрунтів.

У межах даного дипломного проєкту передбачається конструкторська розробка робочого органу обприскувача ОП-2500-18К із шириною захвату 18 м. Запропонована конструкція спрямована на підвищення рівномірності внесення розчинів робочої рідини, покращення експлуатаційних характеристик агрегату та забезпечення стабільності роботи в польових умовах.

Причиною розробки даної конструкції є недосконалість існуючих штанг обприскувачів, що застосовуються у вітчизняному сільському господарстві. Більшість із них не оснащені спеціалізованими системами для внесення робочої рідини безпосередньо в міжряддя посівів. У результаті при обробці високостеблових культур (таких як кукурудза, соняшник тощо) значна частина робочого розчину затримується листостебловою масою, що

призводить до зниження ефективності обприскування та погіршення якості виконання технологічної операції.

Метою даної конструкторської розробки є вдосконалення штанги обприскувача шляхом оснащення її системою для внесення рідких мінеральних добрив у міжряддя високостеблових культур. Це дозволить забезпечити більш точне спрямування робочої рідини до прикореневої зони рослин, підвищити ефективність використання добрив і покращити якість обробки посівів.

Суть запропонованого удосконалення полягає у встановленні на штангу спеціальних подовжувачів та шарнірних корпусів розпилювачів. Використання подовжувачів забезпечує підведення робочої рідини безпосередньо до зони внесення, зменшуючи втрати кінетичної енергії потоку при виході з сопла розпилювача. Це, у свою чергу, сприяє покращенню проникнення рідини в міжряддя та підвищує рівномірність і якість обробки.

Подовжувачі приєднуються до стандартних корпусів розпилювачів типу Quick TeeJet, що забезпечує сумісність із базовими елементами обприскувача без необхідності суттєвих конструктивних змін. На вихідному кінці подовжувача встановлюється шарнірний корпус розпилювача, який виконує функцію зміни просторового положення факела розпилу.

Застосовані шарнірні корпуси типу TeeJet QJ8600 (рис. 3.1) [5] забезпечують регулювання положення розпилювальних наконечників, а також дозволяють здійснювати їх швидку заміну без використання спеціального інструменту. Це підвищує зручність експлуатації та скорочує час на обслуговування агрегату.

Шарнірні корпуси розпилювачів доцільно використовувати у поєднанні зі спеціалізованими наконечниками, призначеними для обробки міжрядь. Конструкцією передбачено наявність контргайки, яка забезпечує надійну фіксацію корпусу у заданому положенні та виключає самовільну зміну кута розпилення під впливом вібрацій і динамічних навантажень під час роботи.

Робочий тиск системи може досягати 0,9 МПа, що відповідає умовам експлуатації більшості сучасних обприскувачів.



Рисунок 3.1 – Шарнірний корпус TeeJet QJ8600 [5]

3.2. Будова та робочий процес обприскувача ОП-2500-18К

Польовий штанговий обприскувач ОП-2500-18К призначений для хімічного захисту сільськогосподарських культур від шкідників, хвороб і бур'янів шляхом внесення робочих розчинів пестицидів і рідких добрив.

До основних складових частин обприскувача належать: насос, система розпилення, регулююча апаратура, система фільтрації, бак для робочої рідини, штанга та несуча рама.

Принцип роботи обприскувача полягає у наступному. За допомогою насоса (1) (рис. 3.2) робоча рідина всмоктується з бака (2) через магістраль (3) і подається до регулятора тиску (4). Далі, після проходження через напірний фільтр, вбудований у регулятор, рідина через відкриті клапани розподільника надходить до колекторів (5) штанги. Від колекторів вона подається до подовжувачів (6) та розпилювачів (7), через які рівномірно наноситься на оброблювану поверхню.

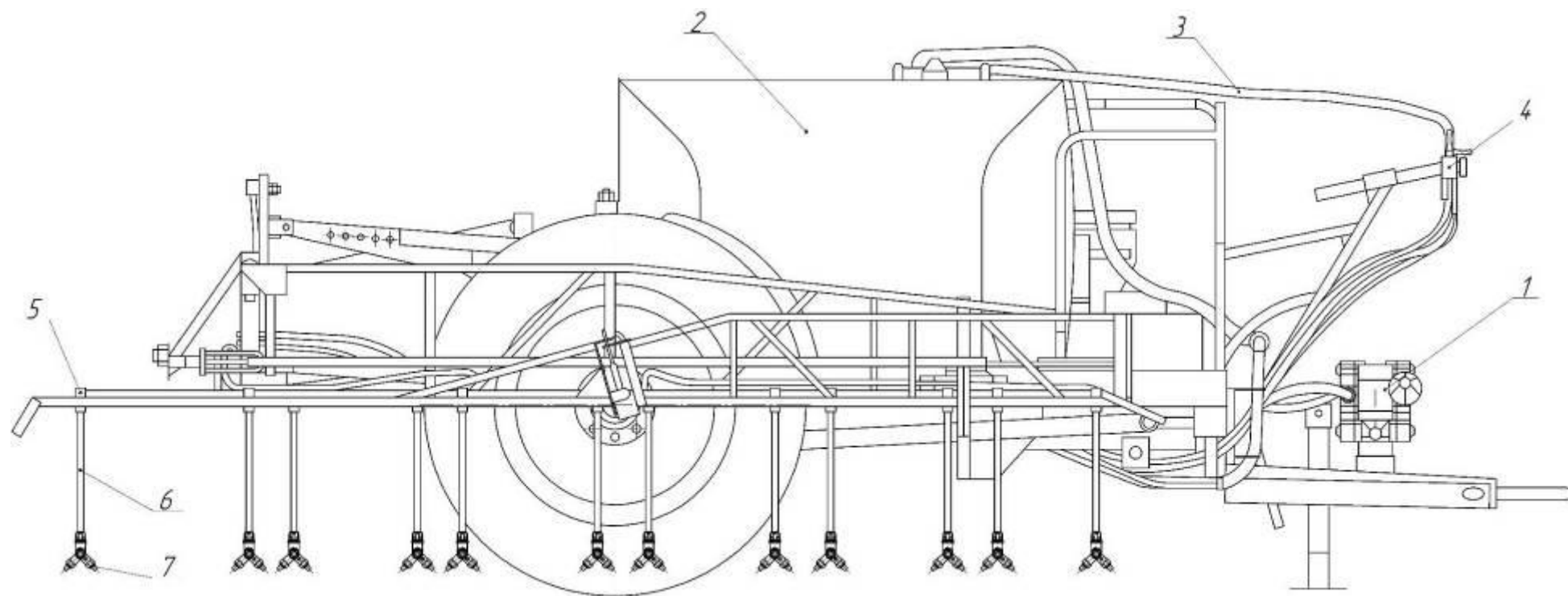


Рисунок 3.2. – Загальний вид обприскувача ОП-18:

1 – насос; 2 – бак; 3 – напірна магістраль; 4 – регулятор тиску;

5 – колектор; 6 – подожувач; 7 – розпилювач.

Надлишок робочої рідини, що не використовується в процесі обприскування, через регулятор тиску повертається назад у бак, що забезпечує стабілізацію робочого тиску в системі. Керування подачею рідини здійснюється з пульта оператора, звідки також можливе спрямування потоку до гідромішалок або в пристрій для приготування робочих розчинів із порошкоподібних препаратів.

Обприскувач може комплектуватися електронними системами автоматичного регулювання норми внесення робочої рідини, зокрема типу «BRAVO-180» або TeeJet 844E, що забезпечують підтримання заданої норми внесення незалежно від швидкості руху агрегату. Крім того, можливе оснащення пінним маркером або системою автоматичного керування з використанням GPS-навігації.

3.2. Вибір розпилювача

У процесі розпилення робочої рідини формуються краплі різного розміру, утворюючи так званий полідисперсний спектр. У деяких випадках, залежно від конструкції розпилювача та режимів роботи, можливе формування більш однорідного – монодисперсного спектра. Діаметр крапель при цьому змінюється у широких межах – приблизно від 50 до 400 мкм і більше [14, 15].

Розмір крапель суттєво впливає на ефективність внесення рідких мінеральних добрив. Великі краплі мають більшу масу та швидше осідають на поверхню рослин і ґрунт, однак характеризуються менш рівномірним розподілом і можуть спричиняти локальні перевищення концентрації розчину, що підвищує ризик хімічних опіків листкового апарату.

У свою чергу, дрібні краплі забезпечують більш рівномірне покриття поверхні, проте вони легше піддаються знесенню повітряними потоками та випаровуванню, що призводить до втрат діючої речовини та зниження ефективності процесу.

З огляду на це, при внесенні рідких мінеральних добрив доцільно формувати переважно крупнокрапельний або середньокрапельний спектр

розпилення, який забезпечує компроміс між рівномірністю покриття та мінімізацією втрат від знесення і випаровування.

У даному випадку застосовується схема зі здвоєними розпилювачами, встановленими в шарнірному корпусі, що дозволяє підвищити рівномірність покриття та зменшити інтенсивність факела кожного окремого струменя.

Визначимо загальну кількість розпилювачів, які встановлюються на штанзі [12]:

$$n = \frac{B}{l} \quad (3.1)$$

де B – ширина захвату штанги удосконаленого обприскувача, м ($B = 18$ м);

l – крок встановлення подовжувачів на штанзі, м ($l = 0,5$ м)

$$n = \frac{18}{0,5} = 36 \text{ шт.}$$

Оскільки в кожному шарнірному корпусі встановлено по два розпилювачі, загальна кількість становитиме $n = 72$ шт.

Для забезпечення заданої норми внесення необхідно визначити витрату рідини через один розпилювач. [12]

$$q = \frac{Q \cdot v \cdot B}{600 \cdot n} \quad (3.2)$$

де: q – витрата одного розпилювача, л/хв;

Q – норма внесення, л/га (приймаємо $Q = 150$ л/га);

v – швидкість руху, км/год ($v = 10$ км/год) [5]

Підставляючи числові значення, отримаємо:

$$q = \frac{150 \cdot 6 \cdot 18}{600 \cdot 72} = 0,6 \text{ л / хв.}$$

Таким чином, кожен розпилювач повинен забезпечувати витрату $q = 0,6$ л/хв.

Витрата через розпилювач визначається не тільки його геометрією, а й тиском робочої рідини. З метою отримання крупнокрапельного розпилення при внесенні рідких мінеральних добрив приймаємо знижений тиск $P = 0,15$ МПа.

На основі отриманої хвилинної витрати рідини та прийнятого тиску виконуємо підбір стандартного типорозміру розпилювача, а саме розпилювач TeeJet D25143-UB-8502 (рис.3.3) [5].



Рисунок 3.3 – Загальний вид та схема роботи обраного розпилювача

3.3. Розрахунок пружини запобіжного клапана

Для забезпечення стабільної роботи запобіжного клапана системи внесення рідких мінеральних добрив необхідно визначити параметри пружини, яка забезпечує заданий тиск відкриття.

Оскільки пружина працює при змінних навантаженнях і значній швидкості деформації, її необхідно перевірити за умовами динамічної роботи.

Для цього визначають відношення робочої швидкості до критичної. При цьому пружина відноситься до I класу, якщо виконується умова [9] (рис. 3.4):

$$\frac{v_0}{v_{кр}} < 1 \quad (3.3)$$

v_0 – робоча швидкість переміщення ($v_0 = 4$ м/с), м/с;

$v_{кр}$ – критична швидкість переміщення, м/с

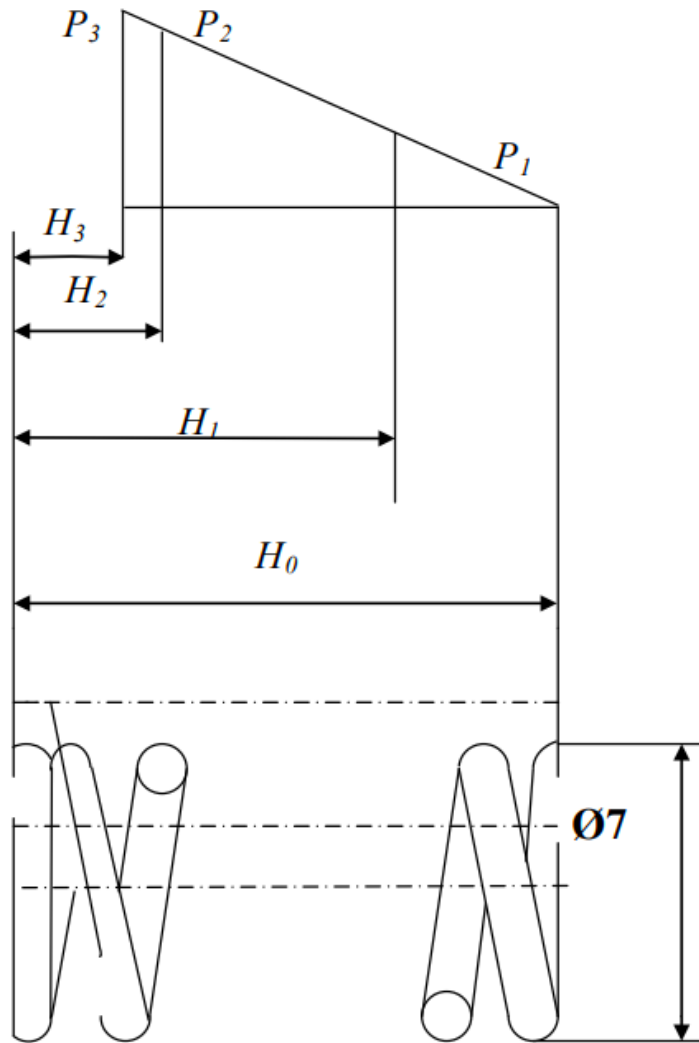


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема гвинтової пружини

Для пружин I класу допустиме дотичне напруження визначається як частка від межі міцності матеріалу:

$$\tau = 0,3\sigma_B \quad (3.4)$$

σ_B – тимчасовий опір матеріалу (для пружинної сталі приймаємо 980 МПа) [25].

$$\tau = 0,3 \cdot 980 = 294 \text{ МПа}$$

Критична швидкість визначається для запобігання дотику витків пружини при роботі:

$$v_{кр} = \frac{\tau \cdot \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right)}{35,8} \quad (3.5)$$

$$v_{кр} = \frac{294 \cdot \left(1 - \frac{10}{13,2}\right)}{35,8} = 2,0 \text{ м / с}$$

де P_2 – навантаження при робочій деформації, Н ($P_2 = 10\text{Н}$) [25];

P_3 – навантаження при максимальній деформації, Н ($P_3 = 13,2\text{Н}$) [25]

Отже, умова працездатності виконується, і витки пружини не змикаються при роботі.

Жорсткість пружини визначається як відношення приросту сили до відповідної деформації:

$$c = \frac{P_2 - P_1}{l} \quad (3.6)$$

$$c = \frac{10 - 3}{0,01} = 700 \text{ Н / м}$$

де P_1 – навантаження при попередній деформації, Н ($P_1 = 3\text{Н}$) [25];

l – робочий хід пружини, м ($l = 10 \text{ мм}$) [25]

Визначаємо кількість робочих витків

$$n = \frac{c_1}{c} \quad (3.7)$$

$$n = \frac{4490}{700} \approx 6 \text{ шт.}$$

де c_1 – жорсткість одного витка ($c_1 = 4,49 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$) [25]

Фактична жорсткість при прийнятій кількості витків:

$$c = \frac{4490}{6} = 748 \text{ Н / м}$$

Повна кількість витків з урахуванням неробочих витків:

$$n_{заг} = n + n_2 \quad (3.8)$$

$$n_{заг} = 6 + 2 = 8 \text{ шт}$$

де n_2 – неробочі витки, шт ($n_2 = 2$)

Середній діаметр пружини визначається як різниця між зовнішнім діаметром та діаметром дроту:

$$D_0 = D - d \quad (3.9)$$

де: D – зовнішній діаметр пружини, мм ($D = 7$ мм);

d – діаметр дроту, мм ($d = 0,8$ мм).

$$D_0 = 7 - 0,8 = 6,2 \text{ мм}$$

Деформація пружини визначається за законом Гука як відношення сили до жорсткості.

Попередня деформація:

$$F_1 = \frac{P_1}{c} = \frac{3}{748} = 4 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Робоча деформація:

$$F_1 = \frac{P_2}{c} = \frac{10}{748} = 13 \text{ мм} \quad (3.11)$$

Максимальна деформація:

$$F_1 = \frac{P_2}{c} = \frac{13,2}{748} = 18 \text{ мм} \quad (3.12)$$

Висота пружини у повністю стиснутому стані визначається як сума товщин витків:

$$H_3 = (n_{zag} + 1 - n_3) \cdot d \quad (3.13)$$

де n_3 – кількість зашліфованих витків, шт ($n_3 = 2$).

$$H_3 = (8 + 1 - 2) \cdot 0,8 = 5,6 \text{ мм}$$

Вільна довжина пружини визначається як сума висоти при максимальному стисканні та максимальної деформації:

$$H_0 = H_3 + F_3 = 0,0056 + 0,018 = 0,0236 \text{ м} \quad (3.14)$$

Висота пружини при попередній деформації:

$$L_1 = H_0 + F_1 = 0,0236 + 0,004 = 0,0196 \text{ м} \quad (3.15)$$

Висота пружини при робочій деформації:

$$L_2 = H_0 + F_2 = 0,0236 + 0,013 = 0,0106 \text{ м} \quad (3.16)$$

Крок пружини визначається як сума зазору між витками та діаметра дроту:

$$t = f + d \quad (3.17)$$

де: f – міжвитковий зазор, мм ($f = 2,94$ мм).

$$t = 2,94 + 0,8 = 3,74$$

3.4. Розрахунок продуктивності гідромішалки

Для забезпечення рівномірної концентрації рідких мінеральних добрив у баку обприскувача необхідне постійне перемішування робочої рідини. Це запобігає розшаруванню компонентів та забезпечує стабільність норми внесення.

Перемішування здійснюється за допомогою гідравлічної мішалки, ефективність якої оцінюється коефіцієнтом циркуляції.

Коефіцієнт циркуляції показує, скільки разів за одиницю часу весь об'єм рідини проходить через мішалку [23]:

$$\kappa_y = \frac{Q}{V_0} \quad (3.18)$$

де: Q – продуктивність мішалки, м³/с;

V_0 – об'єм бака, м³. Для обприскувача ОП-2500-18К $V_0 = 2500 \text{ л} = 2,5 \text{ м}^3$

Продуктивність мішалки визначається через витрату рідини, що проходить через сопло. Вона залежить від площі перерізу сопла та швидкості потоку.

$$Q = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \cdot v \quad (3.19)$$

де d_c – діаметр сопла, м ($d_c = 0,076$ м);

v – швидкість потоку рідини, м/с ($v = 2,5$ м/с).

$$Q = \frac{3,14 \cdot (0,076)^2}{4} \cdot 2,5 = 0,012 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$$\kappa_y = \frac{0,012}{2,5} \approx 0,005$$

Отримане значення коефіцієнта циркуляції свідчить про достатню інтенсивність перемішування робочої рідини в баку.

3.5. Технологічні розрахунки

Розрахунок параметрів технології внесення рідких мінеральних добрив здійснюється з урахуванням умов роботи агрегату та агротехнічних вимог до якості виконання процесу.

Для проведення розрахунків приймаємо наступні параметри: площа поля $F=120$ га; довжина гону $L=700$ м; радіус повороту агрегату $R=5$ м; ухил поля $i=4$; норма внесення $Q=150$ л/га; робоча швидкість $V_p=10$ км/год; ширина захвату: $B_p=18$ м.

Для обробки поля приймається гоновий спосіб руху, який є найбільш ефективним для широкозахватних обприскувачів і забезпечує мінімальні втрати часу на розвороти.

Ширина поворотної смуги залежить від маневрених характеристик агрегату і визначається за формулою:

$$E=1,5R+e \quad (3.20)$$

де R – радіус повороту агрегату, м;

e – додатковий запас для уникнення огріхів, м.

$$e=0,1 \cdot l_k \quad (3.21)$$

де l_k – кінематична довжина агрегату, м.

$$l_k=l_m+l_{\text{м}} \quad (3.22)$$

де l_m – довжина трактора, м $l_m=4$ м;

$l_{\text{м}}$ – довжина обприскувача, м $l_{\text{м}}=6$ м.

$$l_k=4+6=10 \text{ м}$$

$$e=0,1 \cdot 10=1,0 \text{ м}$$

$$E=1,5 \cdot 5+1,0=8,5 \text{ м}$$

Робоча довжина гону з урахуванням поворотних смуг:

$$L_p = L - 2E \quad (3.23)$$

$$L_p = 700 - 2 \cdot 8,5 = 683 \text{ м}$$

Кількість проходів визначається як відношення площі до площі, що обробляється за один прохід:

$$n = \frac{F \cdot 10000}{L \cdot B_p} \quad (3.24)$$

$$n = \frac{120 \cdot 10000}{700 \cdot 18} \approx 95$$

Довжина холостого ходу при розвороті агрегату:

$$L_x = 7R + e \quad (3.25)$$

$$L_x = 7 \cdot 5 + 1 = 36 \text{ м}$$

Ефективність руху агрегату оцінюється коефіцієнтом робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (3.26)$$

$$\varphi = \frac{683}{683 + 36} = 0,95$$

Отримане значення коефіцієнта $\varphi = 0,95$ свідчить про високий рівень ефективності руху агрегату, за рахунок великої довжини гону та раціонального способу руху.

Ефективність роботи агрегату оцінюється показниками продуктивності, які характеризують обсяг виконаної роботи за певний проміжок часу. Для обприскувачів ці показники визначаються у гектарах за годину, зміну або сезон.

Годинна продуктивність використовується для оцінки ефективності агрегату та нормування витрат праці, тоді як змінна продуктивність дозволяє визначити фактичний обсяг робіт за зміну з урахуванням усіх втрат часу.

Змінна продуктивність агрегату визначається за формулою [9]:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \cdot T_{зм} \quad (3.27)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м (для ОП-2500-18К: $B_p = 18$ м);

V_p – робоча швидкість, км/год (з розділу 3.2 $V_p = 6$ км/год);

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Коефіцієнт використання зміни показує, яка частина часу реально витрачається на виконання технологічної операції:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} \quad (3.28)$$

де: T_p – чистий робочий час, год

Чистий робочий час визначається шляхом віднімання від тривалості зміни всіх непродуктивних витрат часу:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{то} + T_{\phi} + T_{пер} + T_{мех})}{60(1 + \tau_{нов})} \quad (3.28)$$

де: $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв ($T_{зм} = 720 \text{д} = 420 \text{хв}$);

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, хв ($T_{пз} = 4 \text{хв}$);

$T_{то}$ – час на щоденне технічне обслуговування, хв ($T_{то} = 30 \text{хв}$);

T_{ϕ} – час на фізіологічні потреби, хв ($T_{\phi} = 40 \text{хв}$);

$T_{пер}$ – час на переїзди, хв ($T_{пер} = 26 \text{хв}$);

$T_{мех}$ – час технологічного обслуговування (заправка тощо), хв ($T_{мех} = 15 \text{хв}$);

$\tau_{нов}$ – втрати часу на повороти.

Час на повороти залежить від довжини холостого ходу та швидкості руху:

$$\tau_{нов} = \frac{16,6 \cdot V_p \cdot t_{нов}}{L_p} \quad (3.29)$$

де: $t_{нов}$ – тривалість одного повороту, хв ($t_{нов} = 1 \text{хв}$)

$$\tau_{нов} = \frac{16,6 \cdot 6 \cdot 1}{700} \approx 0,14$$

$$T_p = \frac{420 - (4 + 30 + 40 + 26 + 15)}{60(1 + 0,14)} = 4,4 \text{год}$$

$$\tau = \frac{4,4}{7} = 0,62$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 0,62 \cdot 7 = 78 \text{ га / зм}$$

3.6. Висновки до розділу

Розроблено конструктивне удосконалення штангового обприскувача для локального внесення рідких мінеральних добрив. Запропоноване технічне рішення передбачає модернізацію системи подачі робочої рідини та застосування ефективніших розпилювачів, що забезпечують локалізоване внесення добрив у прикореневу зону рослин. Проведені розрахунки підтвердили працездатність конструкції, її технологічну ефективність та відповідність сучасним агротехнічним вимогам. Удосконалення дозволяє підвищити точність дозування, знизити непродуктивні втрати добрив, покращити використання поживних речовин та забезпечити більш екологічно безпечний технологічний процес.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи з охорони праці при роботі з пристроєм для внесення рідких мінеральних добрив

Удосконалення технологічного процесу внесення рідких мінеральних добрив за допомогою модернізованого штангового обприскувача спрямоване на підвищення точності дозування, покращення рівномірності розподілу робочої рідини, зменшення втрат поживних речовин та підвищення загальної ефективності використання добрив. Однак поряд із технологічними перевагами застосування удосконаленої машини супроводжується впливом низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що потребують обов'язкового дотримання вимог охорони праці. Під час експлуатації обприскувача оператори контактують із хімічно активними рідкими добривами, працюють із системами підвищеного тиску, рухомими вузлами, гідравлічними механізмами та електронними системами керування, що створює потенційні ризики для здоров'я персоналу.

Основними небезпечними чинниками при роботі з удосконаленим агрегатом є можливість контакту працівників із концентрованими мінеральними добривами, які можуть викликати подразнення шкіри, слизових оболонок, опіки та алергічні реакції. Додаткову небезпеку становлять робочі рідини, що подаються під високим тиском, оскільки у випадку пошкодження трубопроводів або розгерметизації існує ризик травмування персоналу струменем рідини або хімічного ураження. Значну увагу необхідно приділяти й рухомих частинам агрегату – карданним передачам, насосам, механізмам складання штанг, які можуть стати джерелом механічних травм. Крім того, робота обприскувача супроводжується шумом, вібрацією, впливом погодних факторів та можливим утворенням аерозолів [11].

З метою забезпечення безпечних умов праці важливим є впровадження комплексу організаційних заходів. До роботи з удосконаленим технологічним обладнанням допускаються лише особи, які пройшли спеціальне навчання,

медичний огляд, первинний інструктаж та перевірку знань з охорони праці. Обов'язковим є систематичне проведення повторних інструктажів, контроль за технічним станом машини, перевірка герметичності систем подачі робочої рідини, справності насосного обладнання, розпилювачів, запірної арматури та систем стабілізації штанги. Експлуатація агрегату з несправними вузлами категорично забороняється.

Особливе значення має застосування засобів індивідуального захисту. Працівники повинні використовувати спеціальний захисний одяг, гумові рукавиці, герметичні захисні окуляри, фільтрувальні респіратори, водонепроникне взуття та головні убори. Усі роботи із заправки, промивання системи та технічного обслуговування повинні виконуватися на спеціально обладнаних майданчиках із твердим покриттям, що унеможливорює потрапляння добрив у ґрунт та підземні води. У місцях обслуговування необхідно передбачити наявність засобів для нейтралізації проливів, аварійного промивання очей та шкіри [11].

Технічні заходи безпеки передбачають удосконалення конструкції обприскувача шляхом герметизації систем трубопроводів, встановлення аварійних клапанів скидання тиску, використання захисних кожухів на рухомих механізмах, автоматизацію процесів дозування та контролю тиску, а також впровадження сучасних систем GPS-навігації та автоматичного відключення секцій штанги. Автоматизація технологічного процесу дозволяє знизити прямий контакт оператора з агрохімікатами, мінімізувати людський фактор та підвищити загальний рівень безпеки.

Важливою складовою охорони праці є дотримання правил пожежної безпеки, хоча рідкі мінеральні добрива здебільшого не належать до легкозаймистих речовин. Проте використання паливно-мастильних матеріалів, електрообладнання та гідравлічних систем вимагає оснащення техніки вогнегасниками, справною електропроводкою та регулярного контролю стану вузлів.

4.2 Оцінка впливу удосконаленого технологічного процесу на навколишнє середовище

Сучасне сільськогосподарське виробництво пов'язане з активним використанням мінеральних добрив, що, поряд із підвищенням урожайності, може створювати суттєве екологічне навантаження на навколишнє середовище. Тому одним із ключових критеріїв оцінки удосконаленого технологічного процесу внесення рідких мінеральних добрив є його екологічна безпечність. Запропоноване вдосконалення конструкції штангового обприскувача спрямоване не лише на підвищення продуктивності, але й на зниження негативного впливу на ґрунт, атмосферу, водні ресурси та біологічні об'єкти.

Основними джерелами негативного впливу традиційних технологій внесення рідких добрив є непродуктивні втрати азоту внаслідок випаровування, дрейф крапель за межі робочої зони, поверхневий стік добрив, локальне перенасичення ґрунту поживними речовинами, забруднення підземних вод нітратами та підвищення ризику деградації агроєкосистем. Використання удосконалення дозволяє суттєво знизити дрейф робочої рідини, покращити локалізацію внесення та забезпечити точніше дозування поживних речовин.

Удосконалений технологічний процес сприяє зменшенню втрат азоту в атмосферу шляхом скорочення випаровування аміаку, що позитивно впливає на якість повітря та знижує парниковий ефект. Завдяки локальному або міжрядному внесенню зменшується ризик поверхневого стоку добрив у водойми. Крім того, точніше дозування добрив відповідно до потреб рослин дозволяє уникнути надлишкового внесення, знижуючи рівень накопичення нітратів у ґрунті та продукції рослинництва.

Позитивним екологічним ефектом є також зменшення кількості проходів техніки по полю за рахунок підвищення продуктивності машини, що сприяє зниженню ущільнення ґрунту, скороченню витрат пального та зменшенню викидів вихлопних газів. Використання елементів точного землеробства, автоматичного відключення секцій та GPS-контролю мінімізує перекриття та

перевитрати добрив, підвищуючи ресурсну ефективність технологічного процесу.

Разом із тим потенційний негативний вплив удосконаленої системи можливий у випадку порушення технологічних регламентів, неправильного вибору погодних умов, аварійних витоків або недотримання правил технічного обслуговування. Саме тому важливою складовою екологічної безпеки є суворе дотримання технологічної дисципліни, контроль норм внесення, регулярний моніторинг технічного стану обладнання та впровадження екологічно безпечних режимів експлуатації.

4.3. Висновки до розділу

Проаналізовано умови безпечної експлуатації удосконаленого технологічного процесу та оцінено його вплив на навколишнє середовище. Встановлено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, розроблено комплекс заходів із охорони праці, що включає організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні рішення. Обґрунтовано, що застосування модернізованого обприскувача сприяє покращенню умов праці, зниженню ризиків контакту персоналу з агрохімікатами та підвищенню загальної безпеки виробничого процесу. Екологічна оцінка показала, що удосконалений технологічний процес забезпечує зменшення втрат добрив, скорочення забруднення ґрунту, водних ресурсів і атмосфери, що відповідає сучасним вимогам екологізації аграрного виробництва.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Важливою складовою дипломного проєкту є економічне обґрунтування доцільності впровадження удосконаленої конструкції штангового обприскувача для локального внесення рідких мінеральних добрив. Поряд із технічними, технологічними та екологічними перевагами модернізації машини, визначальним критерієм ефективності є рівень економічної доцільності запропонованих конструктивних змін. Проведення економічного аналізу дозволяє оцінити вплив удосконалення на продуктивність агрегату, витрати праці, собівартість виконання технологічного процесу, експлуатаційні витрати, капіталовкладення та термін окупності модернізації.

5.1. Вихідні дані

Для визначення ефективності удосконалення конструкції штангового обприскувача проводиться порівняльний аналіз базового та проектного агрегатів за основними техніко-економічними показниками. У процесі розрахунків враховуються обсяг виконуваних робіт, склад агрегату, продуктивність, витрати праці, балансова вартість техніки, витрати на паливно-мастильні матеріали, амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування та ремонт. Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Показники	Варіанти	
	Базовий	Проектний
Операція	Локальне внесення РМД	
Склад агрегату	МТЗ-1221+ ОП-2500-18	МТЗ-1221+ ОП-2500-18М
Обсяг роботи, га	250	250
Продуктивність, га/год.	15,4	17,7
Балансова вартість агрегату, грн.: трактора обприскувача	1200000 360000	1200000 380000
Тривалість зміни, год.	7	7
К-ть обслуговуючого персоналу, осіб	1	1
Вартість палива на 27.04.26, грн/кг	85	85

5.2. Розрахунок показників економічної ефективності

У даному розділі згідно з стандартами та рекомендаціями [10, 19] здійснюється порівняльна оцінка базового та проектного варіантів машинно-тракторного агрегату, визначаються основні техніко-економічні показники, проводиться розрахунок приведених витрат, річного економічного ефекту та строку окупності інженерного рішення. Особлива увага приділяється визначенню економічних переваг модернізованого обприскувача за рахунок підвищення продуктивності, зниження витрат пального, скорочення трудових ресурсів та зменшення непродуктивних витрат рідких добрив. Результати наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку показників економічної ефективності

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
1. Об'єм роботи, га	250	250
2. Склад агрегату	МТЗ-1221 + ОП-2500-18	МТЗ-1221 + ОП-2500-18М
3. Продуктивність, га/год	15,4	17,7
3. Витрата пального, кг/га	1,34	1,05
5. Експлуатаційні витрати, грн/га:		
– заробітна плата з нарахуваннями	21,4	18,6
– витрати на ПММ	114,0	89,0
– затрати на ТО, ТР і зберігання	31,2	28,5
– амортизація основних засобів	46,8	41,0
Всього:	213,4	177,0
6. Додаткові капіталовкладення, грн	-	20000
8. Річний економічний ефект, грн	–	10500
9. Термін окупності, років	–	1,9

Розрахунок на основі реальної балансової вартості техніки, дизельного пального, амортизаційних відрахувань та витрат на технічне обслуговування показує, що модернізований обприскувач ОП-2500-18М є економічно доцільним.

У порівнянні з базовим варіантом проектний агрегат забезпечує: підвищення продуктивності на 15,7% за рахунок роботи на підвищених швидкостях з дотриманням агротехнічних вимог

Річний економічний ефект від впровадження удосконаленого обприскувача становитиме 10500 грн при річному обсязі робіт 250 га. Термін окупності додаткових капіталовкладень складає близько 1,90 року.

5.3. Висновки до розділу

Проведено техніко-економічну оцінку ефективності удосконаленого штангового обприскувача. Встановлено, що модернізований агрегат має вищу продуктивність порівняно з базовим варіантом, забезпечує скорочення витрат праці, зменшення витрат пального, зниження експлуатаційних витрат та покращення економічних показників технологічного процесу. Розрахунки підтвердили економічну доцільність впровадження удосконалення, позитивний річний економічний ефект та прийнятний строк окупності капіталовкладень.

ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті вирішено науково-практичну задачу підвищення ефективності процесу внесення рідких мінеральних добрив шляхом удосконалення конструкції штангового обприскувача шляхом розробки пристрою для локального підживлення рослин. Проведений аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ «Олдрідж Груп» дозволив встановити наявні техніко-технологічні обмеження та обґрунтувати необхідність модернізації існуючих засобів внесення добрив. У результаті огляду сучасних технологій і технічних засобів встановлено, що основними недоліками існуючих обприскувачів є нерівномірність розподілу робочої рідини та перевитрати матеріалів, що знижує ефективність підживлення рослин.

На основі аналізу обґрунтовано напрямок удосконалення агрегату та розроблено конструкцію пристрою для локального внесення рідких мінеральних добрив, яка забезпечує підвищення рівномірності розподілу робочої рідини по цільовій поверхні та зменшення її втрат. Розроблена конструкція дає змогу працювати на швидкості агрегату до 10 км/год, при цьому продуктивність агрегату становить 17,7 га/год, що на 15,7 % більше порівняно з базовим варіантом.

Оцінка умов охорони праці показала можливість безпечної експлуатації удосконаленого агрегату за умови дотримання встановлених вимог, а також зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Порівняльний аналіз базової та удосконаленої конструкції показав, що застосування розробленого пристрою дозволяє збільшити рівномірність внесення добрив та продуктивність технологічного процесу за рахунок збільшення швидкості роботи, що забезпечує зниження витрат. Річний економічний ефект від впровадження запропонованого технічного рішення становить близько 10500 грн, а термін окупності додаткових капіталовкладень не перевищує 2 роки.

ЛІТЕРАТУРА

1. APDubex – Technika rolnicza. Mounted sprayers [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://apdubex.com/en/products/mounted-sprayers/> (дата звернення: 27.04.2026).
2. CASE IH. Обприскувачі Patriot [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.caseih.com/uk-ua/ukraine/products/application-equipment> (дата звернення: 27.04.2026).
3. ELVORTI. Обприскувачі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elvorti.com/catalog/obpryskuvachi/?lang=ua> (дата звернення: 27.04.2026).
4. TAD-LEN Sp. z o.o. Opryskiwacze polowe zawieszane [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tad-len.pl/opryskiwacze-polowe-zawieszane/> (дата звернення: 27.04.2026).
5. TeeJet Technologies. Розпилювачі для внесення продуктів шляхом розпилення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.teejet.com/uk-ua/внесення-продуктів-шляхом-розпилення/розпилювачі> (дата звернення: 27.04.2026).
6. Богуславська сільгосптехніка. Причіпні обприскувачі [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://boguslav.ua/produkcziya/priczepnye-opryskivateli/> (дата звернення: 27.04.2026).
7. Войновський В.В., Куянов В.В., Миропольський О.М. Техніка для внесення твердих і рідких мінеральних добрив різними способами. // Техніка і технології АПК. 2021. №3 (120). С. 18–22.
8. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С. та ін. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. Київ: Агроосвіта, 2017. 180 с.
9. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник. Київ: НУБіП України, 2018. 736 с.

10. ДСТУ 4397: 2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 15 с.

11. ДСТУ ISO 16119-2:2016. Обприскувачі. Вимоги до екологічної безпеки. Частина 2. Польові обприскувачі.

12. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (ч. 4). Машини для захисту рослин від шкідників і хвороб. Харків: Око, 2016. 272 с.

13. Кобець О. М., Лепеть Є. І. Аналіз способів внесення рідких мінеральних добрив. Наукові основи адаптивного землеробства: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції з нагоди 100-річчя від дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора, академіка ФЕДОРА ТРОХИМОВИЧА МОРГУНА, 90-річчя Агрономічного факультету Дніпровського державного аграрно-економічного університету та Міжнародного дня здоров'я рослин (16-17 травня 2024 року, м. Дніпро). Дніпро: ДДАЕУ, 2024. с. 373-374.

14. Кобець О. М., Лепеть Є. І. Вибір розбризкувачів для внесення КАС. Збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17-19 жовтня 2024 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2024. с. 81-83.

15. Кобець О. М., Пономаренко Н. О., Лепеть Є. І. Стан механізації внесення КАС в Україні. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб. 2024. Вип. 54. С. 77-83. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.77-83>.

16. Кобець О.М., Лепеть Є.І. Класифікація та принципи роботи обприскувачів та розбризкувачів. The 12th International scientific and practical conference "European congress of scientific discovery" (November 10-12, 2025) Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2025. p. 17-20.

17. Кравчук В.І., Грицишин М.І., С.М. Коваль С.М. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. Київ: Аграрна наука, 2015. 396с.
18. Львівагромашпроект. Обприскувач штанговий самохідний ОШШ-3,5-27 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://lvivagromash.com/obpryskuvachi/ossh-3-5-27> (дата звернення: 27.04.2026).
19. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які захищають диплом на кафедрі сільськогосподарські машини. ДДАУ. Дніпропетровськ, 2011 20 с.
20. Писаренко В. М. Піщаленко М. А., Поспелова Г. Д., та ін. Інтегрований захист рослин. Полтава, 2020. 245 с.
21. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.
22. Свіренєв М.О., Смірнов В.П., Осипов І.М. та ін. Процеси, машини та обладнання АПВ: Навчальний посібник. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2018. 296 с.
23. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропивний В. М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1. Машини для рільництва: обробіток ґрунту, сівба, садіння, внесення добрив. Київ: Урожай, 2017. 382 с
24. Хомик Н. І., Мартиню В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
25. Цизь І.Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2016. 172 с.

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
 Інженерно-технологічний факультет
 Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**«УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ РІДКИХ
 МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ З РОЗРОБКОЮ ПРИСТРОЮ ДЛЯ
 ПІДЖИВЛЕННЯ РОСЛИН»**

до захисту дипломної роботи освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконала: здобувачка 3 скороченого курсу,
 групи АІС-3-23
 Шмідт Юлія Юріївна

Керівник: к.т.н., доцент
 Кобець Олександр Миколайович

Дніпро-2026

Класифікація обприскувачів			2
Навісні	Причіпні	Самохідні	
 TAD-LEN 1218 (Польща)	 Elvorti Tetis-24 (Україна)	 Львівагромашпроект ОСШ-3,5-27 (Україна)	
 Dubex Model 8 (Нідерланди)	 Богуслав ATLANT 4200 (Україна)	 CASE Patriot 3250 (США)	52.071.120.01.0000 Класифікація обприскувачів Додаток до ДІПАЧ АІС-3-23

