

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 проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення використання техніки при вирощуванні ріпаку з
модернізацією конструкції обприскувача**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Березіна Єлизавета Андріївна

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____ Лисенко Олександр Анатолійович

Дніпро – 2026

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

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Березіна Єлизавета Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Удосконалення використання техніки при вирощуванні ріпаку з модернізацією конструкції обприскувача

керівник проєкту Макаренко Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «5» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом проєкту 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Статистичні дані щодо динаміки обсягів посівів та врожаю сільськогосподарських культур в Україні. Огляд стану питання в галузі рослинництва та існуючих технічних засобів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Стан вирощування ріпаку в Україні та вплив обприскування на його врожайність. 2. Розробка плану механізованих робіт виробництва ріпаку. 3. Удосконалення конструкції обприскувача. 4. Розробка операційно-технологічної карти обприскування. 5. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічні показники модернізованого обприскувача. Висновки та пропозиції. Література.

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

1. Аналіз вирощування ріпаку (A1) 2. План механізованих робіт вирощування ріпаку (A1) 3. Обприскувач. Креслення загального виду (A1). 4. Підвіска штанги. Складальний кресленик (A2) 5. Штанга. Складальний кресленик (A2). 6. Кронштейн (A4) 7. Кронштейн (A4). 8. Завіса секції (A4). 9. Палець штанги (A4). 10. Палець короткий (A3). 11. Болт форсунки (A4). 12. Шайба форсунки (A4). 13. Операційно-технологічна карта сівби (A1) 14. Техніко-економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Макаренко Д. О., доцент	05.05.2026	12.06.2026
нормоконтроль	Макаренко Д. О., доцент	12.06.2026	

7. Дата видачі завдання: 05.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 12.05.2026 р.	
2	Розробка плану вирощування кукурудзи	до 19.05.2026 р.	
3	Конструкційний	до 26.05.2026 р.	
4	Операційно-технологічний	до 02.06.2026 р.	
5	Охорона праці	до 09.06.2026 р.	
6	Економічний аналіз	до 12.06.2026 р.	
7	Графічна частина	до 12.06.2026 р.	

Студент

_____ Березіна Є. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ Макаренко Д. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Березіна Є. А. Удосконалення використання техніки при вирощуванні ріпаку з модернізацією конструкції обприскувача / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності вирощування ріпаку шляхом удосконалення технічних засобів захисту рослин. Проведено аналіз сучасного стану виробництва ріпаку в Україні, досліджено вплив технологій обприскування на врожайність культури та виконано огляд конструкцій сучасних обприскувачів. Розроблено план механізованих робіт для вирощування ріпаку на площі 500 га та обґрунтовано параметри основних технологічних операцій.

У конструкторській частині запропоновано модернізацію обприскувача ОП-2000 шляхом удосконалення підвіски штанги із застосуванням маятникової системи стабілізації. Виконано розрахунок гідравлічного приводу, конструктивних параметрів підвіски та перевірку міцності штанги. Розроблено операційно-технологічну карту обприскування ріпаку, розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало, що модернізований обприскувач забезпечує підвищення продуктивності, зменшення витрат палива та засобів захисту рослин, а річний економічний ефект від його впровадження становить 880,6 тис. грн при строку окупності 0,1 року.

Ключові слова: ріпак, обприскувач, штанга обприскувача, модернізація, технологія вирощування, механізовані роботи, гідравлічний привід, операційно-технологічна карта, продуктивність, економічна ефективність.

Зміст

ВСТУП.....	7
1 СТАН ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ОБПРИСКУВАННЯ НА ЙОГО ВРОЖАЙНІСТЬ.....	9
1.1 Аналіз посівних площ та рівня врожайності ріпаку	9
1.2 Вплив технологій обприскування на врожайність ріпаку	12
1.3 Агрономічні вимоги до процесу обприскування	16
1.3 Огляд конструкцій обприскувачів	20
1.4 Висновки з розділу	24
2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА РІПАКУ	25
2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні ріпаку	25
2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування ріпаку	28
2.3 Висновки з розділу	32
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОБПРИСКУВАЧА	33
3.1 Технічне обґрунтування удосконалення обприскувача	33
3.2 Аналіз техніко-експлуатаційних параметрів обприскувача	36
3.3 Інженерний розрахунок гідравлічного приводу штанги обприскувача	38
3.4 Розрахунок конструктивних параметрів удосконаленої підвіски штанги	42
3.5 Розрахунок силових параметрів і перевірка міцності штанги обприскувача	45
3.6 Висновки з розділу	48
4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ОБПРИСКУВАННЯ ..	50
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	55
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБПРИСКУВАЧА .	58
ВИСНОВКИ	62
БІБЛІОГРАФІЯ	64
ДОДАТКИ	67

ВСТУП

Ріпак є однією з найбільш економічно вигідних та перспективних олійних культур, яка займає важливе місце в структурі посівних площ України. Високий попит на насіння ріпаку та продукти його переробки на внутрішньому і зовнішньому ринках зумовлює постійне зростання обсягів його виробництва. Насіння ріпаку використовується для виробництва рослинної олії, біодизельного палива, кормових продуктів та інших видів сировини для харчової й технічної промисловості.

Однією з основних умов отримання високих і стабільних урожаїв ріпаку є своєчасне та якісне виконання всіх технологічних операцій. Особливе значення при цьому має система захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб. Недостатня ефективність внесення засобів захисту рослин призводить до значних втрат урожаю та погіршення його якісних показників. Саме тому важливу роль у технології вирощування ріпаку відіграють обприскувачі, від технічного стану та конструктивної досконалості яких залежить рівномірність розподілу робочої рідини, повнота покриття рослин і економічність використання препаратів.

Сучасні умови господарювання вимагають підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів, зниження витрат пестицидів та паливно-мастильних матеріалів, а також мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Досягнення цих вимог можливе шляхом удосконалення конструкцій існуючих машин і впровадження нових технічних рішень, спрямованих на підвищення якості виконання технологічних процесів.

Аналіз конструкцій сучасних польових обприскувачів показує, що значна частина машин потребує модернізації окремих вузлів та систем для забезпечення стабільності технологічного процесу, зменшення нерівномірності внесення робочого розчину та підвищення ефективності використання засобів захисту рослин. Удосконалення конструкції обприскувача дозволяє підвищити якість

обробки посівів ріпаку, знизити виробничі витрати та збільшити врожайність культури.

У зв'язку з цим тема дипломного проєкту, присвячена удосконаленню використання техніки при вирощуванні ріпаку шляхом модернізації конструкції обприскувача, є актуальною та має важливе практичне значення для сільськогосподарського виробництва.

Метою дипломного проєкту є підвищення ефективності вирощування ріпаку шляхом удосконалення використання техніки та модернізації конструкції обприскувача, що забезпечить покращення якості внесення засобів захисту рослин, зниження експлуатаційних витрат і підвищення продуктивності технологічного процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз сучасного стану вирощування ріпаку та технологій його захисту;
- дослідити технічні засоби, що використовуються для внесення засобів захисту рослин;
- виконати аналіз конструкції базового обприскувача та виявити його недоліки;
- розробити технічне рішення щодо модернізації конструкції обприскувача;
- провести інженерні розрахунки модернізованого вузла;
- оцінити економічну ефективність запропонованої модернізації;
- розглянути питання охорони праці та безпеки під час експлуатації обприскувача.

Об'єктом дослідження є технологічний процес захисту посівів ріпаку засобами механізації.

Предметом дослідження є конструктивні та експлуатаційні параметри обприскувача, що впливають на якість внесення робочого розчину та ефективність використання засобів захисту рослин.

1 СТАН ВИРОЩУВАННЯ РІПАКУ В УКРАЇНІ ТА ВПЛИВ ОБПРИСКУВАННЯ НА ЙОГО ВРОЖАЙНІСТЬ

1.1 Аналіз посівних площ та рівня врожайності ріпаку

Ріпак є однією з найбільш рентабельних олійних культур в Україні та займає важливе місце у структурі сучасного аграрного виробництва. Значний попит на продукцію переробки ріпаку, зокрема рослинну олію, шрот та сировину для виробництва біопалива, сприяє розширенню його посівних площ і вдосконаленню технологій вирощування. В умовах інтеграції України до світового аграрного ринку вирощування ріпаку набуває особливого значення як джерело валютних надходжень та ефективний елемент сівозміни.

Протягом 2022–2025 років виробництво ріпаку в Україні відбувалося в складних економічних та кліматичних умовах. Незважаючи на воєнні дії, порушення логістичних ланцюгів та нестабільність аграрного ринку, культура зберігала високу інвестиційну привабливість завдяки стабільному попиту з боку європейських переробних підприємств. Значний вплив на обсяги виробництва також мали погодні умови, які безпосередньо визначали рівень урожайності культури.

У 2022 році ріпак став однією з найбільш прибуткових культур для українських аграріїв. Високі світові ціни на рослинні олії та дефіцит сировини на європейському ринку стимулювали збільшення площ під озимим ріпаком. За оцінками галузевих аналітиків, площі посівів становили близько 1,1–1,2 млн га, а середня врожайність перебувала на рівні 2,6–2,8 т/га. Незважаючи на складні умови проведення польових робіт, валовий збір культури забезпечив стабільні експортні поставки до країн Європейського Союзу.

У 2023 році спостерігалось подальше збільшення зацікавленості виробників у вирощуванні ріпаку. За даними аграрних аналітичних служб, посівні площі досягли близько 1,3 млн га, що стало одним із найвищих показників за останні роки. Сприятливі погодні умови в більшості регіонів

України сприяли формуванню високого рівня врожайності, яка в середньому становила близько 2,8–3,0 т/га. Це дозволило отримати рекордний валовий збір насіння та забезпечити значні обсяги експорту.

У 2024 році ситуація дещо змінилася. В окремих регіонах України спостерігався дефіцит ґрунтової вологи під час проведення посівної кампанії озимого ріпаку, що негативно вплинуло на формування сходів. Незважаючи на це, завдяки високій економічній ефективності культури площі посівів залишалися на рівні близько 1,3–1,5 млн га. За прогнозами аналітиків, середня врожайність становила 2,7–2,9 т/га. При цьому виробництво ріпаку залишалося одним із найбільш прибуткових напрямів рослинництва.

У 2025 році аграрії зіткнулися з новими викликами, пов'язаними насамперед із посухою в літньо-осінній період та складними умовами перезимівлі рослин. Офіційні та аналітичні джерела повідомляють про скорочення посівних площ озимого ріпаку до приблизно 1,1–1,3 млн га. Частина посівів була втрачена через недостатню кількість опадів та слабкий розвиток рослин перед входом у зимовий період. За оцінками експертів, середня врожайність очікувалася на рівні 2,4–2,8 т/га залежно від регіону вирощування.

Динаміка посівних площ та урожайності ріпаку в Україні за 2022–2025 роки наведена в рис 1.1.

Аналіз наведених даних свідчить, що протягом досліджуваного періоду найбільші посівні площі спостерігалися у 2024 році, коли високий попит на ріпак на зовнішніх ринках стимулював розширення виробництва. Водночас максимальний рівень урожайності був досягнутий у 2023 році завдяки більш сприятливим погодним умовам та вдосконаленню технологій вирощування.

Суттєвий вплив на врожайність ріпаку мають агротехнічні фактори. До основних із них належать строки сівби, забезпеченість вологою, рівень мінерального живлення, якість насінневого матеріалу та ефективність системи захисту рослин.

СТАН ВИРОБНИЦТВА РІПАКУ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ



Посівні площі
(2025 прогноз)
1,20
млн га



Валовий збір
(2025 прогноз)
3,0
млн тонн



Середня
врожайність
(2025 прогноз)
2,6
т/га



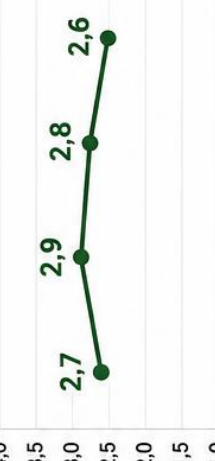
Частка в експорті
олійних культур
(2024)
≈35%

СТРУКТУРА ПОСІВНИХ ПЛОЩ ЗА РЕГІОНАМИ
(2025 прогноз)



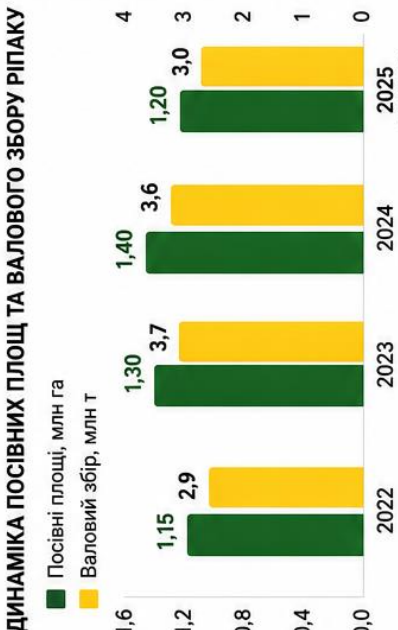
- Одеська обл. 20%
- Миколаївська обл. 16%
- Дніпропетровська обл. 14%
- Хмельницька обл. 10%
- Кіровоградська обл. 9%
- Інші області 31%

ДИНАМІКА СЕРЕДНЬОЇ ВРОЖАЙНОСТІ, т/га



Рік	Врожайність (т/га)
2022	2,7
2023	2,9
2024	2,8
2025 прогноз	2,6

ДИНАМІКА ПОСІВНИХ ПЛОЩ ТА ВАЛОВОГО ЗБОРУ РІПАКУ



Рік	Посівні площі, млн га	Валовий збір, млн т
2022	1,15	2,9
2023	1,30	3,7
2024	1,40	3,6
2025 прогноз	1,20	3,0

ЕКСПОРТ РІПАКУ ЗА НАПРЯМАМИ (2024)



Напрямок	Відсоток
ЄС	55%
Китай	15%
Туреччина	10%
Інші країни Азії	8%
Інші країни	12%

**ВИКЛИКИ**

- Кліматичні ризики та посухи
- Коливання цін на світових ринках
- Воєнні дії та логістичні обмеження
- Дефіцит якісних засобів захисту та добрив
- Зростання собівартості виробництва

**ПЕРСПЕКТИВИ**

- Розширення переробки в Україні
- Розвиток біопалива та відновлюваної енергетики
- Покращення технологій вирощування
- Сортова та генетична селекція
- Інтеграція в європейський аграрний ринок

ЕКНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ (2025 прогноз)



Середня ціна
(FOB, Україна)
≈470
\$/т



Собівартість
виробництва
≈290
\$/т



Умовний прибуток
з 1 га
≈270
\$/га



Рентабельність
виробництва
≈30–35%

КЛЮЧОВІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ВРОЖАЙНІСТЬ

**Погодні умови**
Кількість опадів та температурний режим у період вегетації

**Технологія вирощування**
Якість насіння, строки сівби, система живлення та захисту рослин

**Якість обробітку ґрунту**
Оптимізація підготовки ґрунту та дотримання сівозміни

**Система захисту рослин**
Ефективний контроль шкідників, хвороб і бур'янів

**СТРАТЕГІЧНА КУЛЬТУРА**
для продовольчої безпеки та економіки країни

**ВИСОКИЙ ЕКСПОРТНИЙ ПОТЕНЦІАЛ**
стабільний попит на світових ринках

**СТАБІЛЬНА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ**
висока рентабельність та прибутковість

**ВАГЛИЙ ЕЛЕМЕНТ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**
оптимізація сівозміни та відновлення ґрунтів

Рисунок 1.1 – Стан виробництва ріпаку в аграрному секторі України

11

Особливо важливим є своєчасне внесення засобів захисту рослин, оскільки ріпак є культурою, чутливою до впливу шкідників, хвороб і бур'янів. Недостатня якість обприскування може призводити до значних втрат урожаю та зниження економічної ефективності виробництва.

У сучасних умовах підвищення врожайності ріпаку нерозривно пов'язане з удосконаленням технічного забезпечення технологічних процесів. Особливого значення набуває застосування сучасних обприскувачів, які забезпечують рівномірне внесення робочого розчину, зменшення втрат препаратів та підвищення ефективності захисту рослин. Саме тому модернізація конструкції обприскувачів є актуальним напрямом удосконалення технології вирощування ріпаку.

Таким чином, проведений аналіз показує, що ріпак залишається однією з найбільш перспективних олійних культур України. Незважаючи на коливання посівних площ і врожайності, його виробництво характеризується стабільним попитом та високою економічною ефективністю. Подальше зростання врожайності культури можливе за рахунок удосконалення технологічних процесів, зокрема підвищення якості виконання операцій із захисту рослин шляхом модернізації обприскувальної техніки.

1.2 Вплив технологій обприскування на врожайність ріпаку

Ріпак належить до сільськогосподарських культур, які потребують інтенсивного захисту від бур'янів, шкідників та хвороб протягом усього періоду вегетації. За сучасних технологій вирощування частка витрат на засоби захисту рослин становить 20–30 % загальних виробничих витрат. Ефективність використання пестицидів значною мірою визначається не лише правильним вибором препаратів, але й якістю їх внесення. Саме тому технологія обприскування є одним із ключових факторів формування врожайності та економічної ефективності вирощування ріпаку.

Ріпак уражується значною кількістю шкідливих організмів. Серед найбільш небезпечних бур'янів виділяють підмаренник чіпкий, ромашку непахучу, осот польовий та падалицю зернових культур. Значної шкоди посівам завдають ріпаковий квіткоїд, хрестоцвіті блішки, стебловий прихованохоботник, капуста попелиця та інші шкідники. Серед хвороб найбільш поширеними є фомоз, альтернаріоз, біла та сіра гнилі. За відсутності ефективного захисту втрати врожаю можуть досягати 30–50 %, а в окремі роки навіть перевищувати ці показники.

Сучасна система захисту ріпаку передбачає багаторазове внесення засобів захисту рослин у різні фази розвитку культури. На етапі підготовки ґрунту застосовуються гербіциди для контролю бур'янів. У період вегетації проводяться фунгіцидні та інсектицидні обробки, спрямовані на боротьбу зі шкідниками та збудниками хвороб. Крім того, часто використовуються регулятори росту рослин, які забезпечують оптимальний розвиток посівів та покращують зимостійкість озимого ріпаку.

Ефективність проведення обприскування визначається рядом технологічних факторів. До основних належать норма внесення робочої рідини, розмір крапель, рівномірність розподілу препарату по поверхні поля, швидкість руху агрегату, висота розташування штанги обприскувача та погодні умови під час виконання робіт.

Одним із найважливіших показників якості обприскування є рівномірність внесення робочого розчину. Нерівномірне покриття рослин призводить до утворення необроблених зон, де продовжують розвиватися бур'яни, шкідники та хвороби. Водночас надмірне внесення препарату на окремих ділянках викликає перевитрати дорогих засобів захисту рослин та може спричиняти фітотоксичну дію на культуру.

Особливого значення набуває правильний вибір розміру крапель. Великі краплі мають більшу масу та менше піддаються знесенню вітром, однак забезпечують гірше покриття поверхні рослин. Дрібні краплі формують більш рівномірний шар препарату, але можуть переноситися повітряними потоками за

межі оброблюваної ділянки. Для обробки посівів ріпаку найчастіше застосовуються краплі середнього розміру, які забезпечують оптимальне поєднання рівномірності покриття та стійкості до знесення.

Важливим фактором є швидкість руху обприскувача. Зі збільшенням швидкості агрегату зростають коливання штанги, що призводить до нерівномірного розподілу робочої рідини. Дослідження показують, що при перевищенні швидкості 12–15 км/год коефіцієнт нерівномірності внесення значно збільшується, а ефективність захисту рослин знижується. Саме тому сучасні обприскувачі обладнуються системами автоматичного підтримання висоти штанги та стабілізації її положення під час руху.

Значний вплив на якість обприскування мають погодні умови. Оптимальна швидкість вітру під час внесення засобів захисту рослин не повинна перевищувати 3–5 м/с. При більш високих значеннях спостерігається знесення робочого розчину за межі поля та зниження ефективності обробки. Важливими також є температура повітря та відносна вологість. За високих температур дрібні краплі швидко випаровуються, що призводить до зменшення кількості препарату, який потрапляє на поверхню рослин.

Використання сучасних технологій обприскування дозволяє суттєво підвищити врожайність ріпаку. За результатами численних виробничих досліджень встановлено, що своєчасне та якісне проведення фунгіцидних обробок забезпечує приріст урожайності на 0,2–0,6 т/га. Застосування інсектицидів дозволяє знизити втрати врожаю від шкідників на 10–25 %, а використання гербіцидів сприяє підвищенню врожайності на 15–30 % порівняно з необробленими посівами.

Особливе значення для ріпаку має осіння фунгіцидно-регуляторна обробка. Вона сприяє формуванню потужної кореневої системи, зменшенню висоти точки росту та підвищенню зимостійкості рослин. У результаті покращується перезимівля посівів і створюються передумови для формування високої врожайності в наступному році.

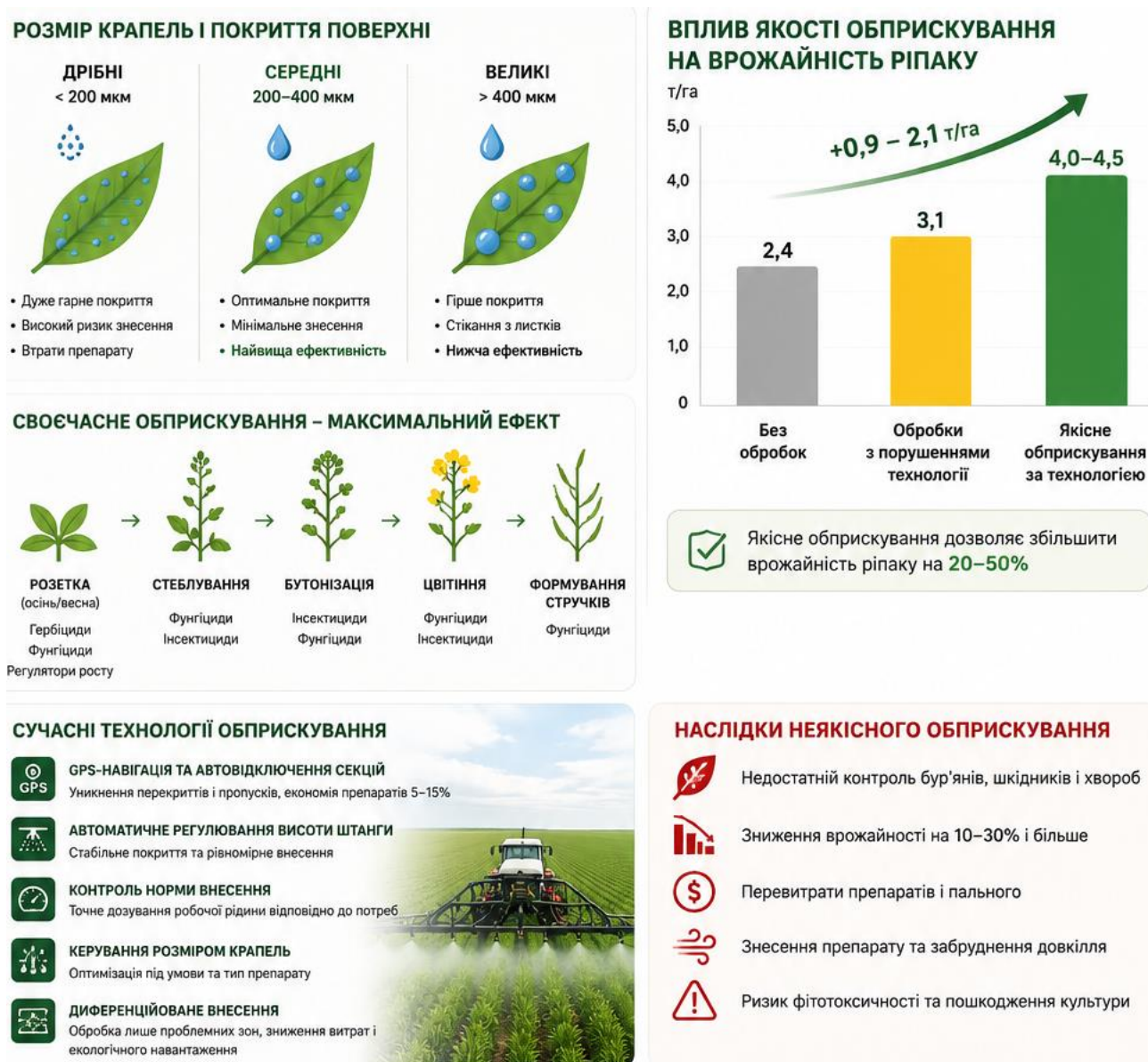


Рисунок 1.2 – Вплив технологій обприскування на врожайність ріпаку

У сучасному рослинництві активно впроваджуються технології точного землеробства. Сучасні обприскувачі оснащуються GPS-навігацією, автоматичним відключенням секцій штанги, системами контролю норми внесення та датчиками висоти штанги. Такі технічні рішення дозволяють уникнути перекриттів і пропусків під час обробки поля, зменшити витрати пестицидів на 5–15 % та підвищити якість захисту рослин.

Перспективним напрямом розвитку є застосування технології диференційованого внесення засобів захисту рослин. Використання супутникових знімків, безпілотних літальних апаратів та систем моніторингу

посівів дає можливість визначати ділянки поля з різним рівнем розвитку бур'янів або поширенням хвороб. Це дозволяє вносити препарати лише там, де вони дійсно необхідні, що сприяє зменшенню витрат та зниженню екологічного навантаження.

Незважаючи на значний прогрес у розвитку технічних засобів захисту рослин, багато господарств продовжують використовувати обприскувачі, конструкція яких не повною мірою відповідає сучасним вимогам. Основними недоліками таких машин є недостатня стабільність штанги, нерівномірність подачі робочого розчину, відсутність автоматизованих систем контролю та значні втрати препарату під час роботи. Унаслідок цього знижується ефективність захисту посівів і погіршуються показники врожайності.

Удосконалення конструкції обприскувачів є одним із найбільш ефективних шляхів підвищення продуктивності вирощування ріпаку. Модернізація окремих вузлів машини дозволяє забезпечити стабільну роботу штанги, покращити рівномірність розподілу робочої рідини та зменшити втрати препарату. Завдяки цьому підвищується ефективність використання засобів захисту рослин, зростає врожайність культури та покращуються економічні показники виробництва.

Таким чином, технології обприскування мають безпосередній вплив на формування врожайності ріпаку. Якісне внесення засобів захисту рослин забезпечує ефективний контроль бур'янів, шкідників і хвороб, сприяє покращенню розвитку рослин та підвищенню продуктивності посівів. Подальше вдосконалення конструкцій обприскувачів і впровадження сучасних технологій точного землеробства є важливими напрямками підвищення ефективності виробництва ріпаку в Україні.

1.3 Агрономічні вимоги до процесу обприскування

Обприскування є однією з найважливіших технологічних операцій при вирощуванні ріпаку, оскільки забезпечує ефективне внесення засобів захисту

рослин, регуляторів росту та мікродобрив. Від якості виконання даної операції значною мірою залежить рівень захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб, а також величина майбутнього врожаю. Тому до процесу обприскування висувається ряд агрономічних вимог, спрямованих на забезпечення максимальної ефективності використання препаратів та мінімізацію їх втрат.

Основною метою обприскування є рівномірне нанесення робочого розчину на поверхню рослин або ґрунту відповідно до рекомендованих норм внесення. Для досягнення високої біологічної ефективності препарату необхідно забезпечити достатню кількість крапель на одиниці площі та рівномірне покриття оброблюваної поверхні.

Однією з головних агрономічних вимог є дотримання встановленої норми внесення робочої рідини. Відхилення фактичної норми від заданої не повинно перевищувати $\pm 5\%$. Недостатня кількість робочого розчину призводить до погіршення захисної дії препарату, тоді як перевищення норми викликає перевитрати засобів захисту рослин та збільшує собівартість вирощування культури.

Важливим показником якості виконання обприскування є рівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату штанги. Нерівномірність внесення не повинна перевищувати 15–20 %. Порухення цього показника призводить до утворення необроблених або надмірно оброблених ділянок поля. У першому випадку знижується ефективність боротьби зі шкідливими організмами, а в другому можливе пригнічення культурних рослин та перевитрата препаратів.

Особливого значення набуває якість покриття рослин робочим розчином. Для забезпечення ефективної дії контактних препаратів необхідно досягти максимально повного змочування поверхні листків. При застосуванні системних препаратів рівномірність покриття також залишається важливою умовою, оскільки впливає на швидкість проникнення діючої речовини в тканини рослини.

Однією з основних характеристик процесу обприскування є дисперсність розпилення. Розмір крапель повинен відповідати типу препарату та умовам виконання робіт. Для більшості обробок посівів ріпаку оптимальним вважається

утворення середніх крапель діаметром 200–400 мкм. Такі краплі забезпечують достатню густоту покриття поверхні рослин і водночас мають порівняно низький ризик знесення вітром.

Занадто дрібні краплі характеризуються високою ефективністю покриття, проте легко переносяться повітряними потоками за межі оброблюваної ділянки. Великі краплі мають низьку схильність до знесення, але погіршують рівномірність нанесення препарату та можуть стікати з поверхні листків.

Важливою агрономічною вимогою є підтримання оптимальної висоти розташування штанги обприскувача над поверхнею рослин. Для більшості польових культур рекомендована висота становить 50–70 см. Збільшення висоти штанги призводить до погіршення рівномірності внесення та підвищення втрат препарату внаслідок знесення. Надто низьке розташування штанги спричиняє нерівномірне перекриття факелів розпилення та зниження якості обробки.

Значний вплив на якість виконання обприскування має швидкість руху агрегату. Під час обробки посівів ріпаку швидкість руху зазвичай становить 8–12 км/год. Перевищення рекомендованих значень викликає інтенсивні коливання штанги, порушення рівномірності внесення та погіршення покриття рослин робочим розчином.

До важливих агрономічних вимог належить дотримання оптимальних погодних умов під час виконання обприскування. Найбільш сприятливими умовами вважаються:

- температура повітря від +10 до +25 °C;
- відносна вологість повітря не менше 60 %;
- швидкість вітру не більше 3–5 м/с;
- відсутність атмосферних опадів під час проведення обробки та протягом кількох годин після неї.

При високій температурі повітря та низькій вологості відбувається інтенсивне випаровування дрібних крапель, що призводить до зниження ефективності внесення препаратів. Підвищена швидкість вітру сприяє знесенню

робочого розчину за межі поля та створює небезпеку забруднення сусідніх територій.

Особливі вимоги висуваються до проведення гербіцидних обробок. Гербіциди повинні забезпечувати суцільне та рівномірне покриття поверхні бур'янів. Пропуски під час обробки можуть призвести до збереження значної кількості небажаної рослинності та зниження врожайності культури.

Під час внесення інсектицидів необхідно забезпечити проникнення робочого розчину в нижні яруси рослин, де часто концентруються шкідники. Особливо це важливо для посівів ріпаку у фазі бутонізації та цвітіння, коли рослини формують густий листовий покрив.

Фунгіцидні обробки повинні забезпечувати рівномірне покриття надземної частини рослин. Якість нанесення препарату безпосередньо впливає на ефективність боротьби з фомозом, альтернаріозом, склеротиніозом та іншими захворюваннями ріпаку.

Важливою вимогою є дотримання агротехнічних строків проведення обробок. Максимальна ефективність засобів захисту рослин досягається при їх внесенні на початкових стадіях розвитку шкідливих організмів. Запізнення з обробкою часто призводить до значних втрат урожаю навіть за умови використання високоефективних препаратів.

Сучасні агрономічні вимоги також передбачають мінімізацію негативного впливу обприскування на навколишнє середовище. Для цього застосовуються інжекторні розпилювачі, системи автоматичного контролю норми внесення, GPS-навігація та автоматичне відключення секцій штанги. Такі технічні рішення дозволяють зменшити втрати препарату, уникнути перекриттів і підвищити екологічну безпеку технологічного процесу.

Особливу увагу приділяють контролю технічного стану обприскувача. Перед початком польових робіт необхідно перевіряти справність насосної установки, стан фільтрів, роботу розпилювачів, герметичність трубопроводів та точність роботи системи регулювання тиску. Зношені або пошкоджені

розпилювачі можуть викликати значні відхилення від заданої норми внесення та погіршувати якість виконання технологічного процесу.

Таким чином, агрономічні вимоги до процесу обприскування спрямовані на забезпечення рівномірного розподілу робочого розчину, оптимального покриття рослин, дотримання рекомендованих норм внесення та мінімізацію втрат препарату. Виконання цих вимог є необхідною умовою ефективного захисту посівів ріпаку, підвищення врожайності культури та забезпечення економічної ефективності виробництва. Особливого значення набуває вдосконалення конструкції обприскувачів, яке дозволяє більш повно реалізувати агрономічні вимоги сучасних технологій вирощування ріпаку.

1.3 Огляд конструкцій обприскувачів

Сучасні технології вирощування ріпаку передбачають багаторазове внесення засобів захисту рослин протягом вегетаційного періоду. Якість виконання цієї операції значною мірою залежить від технічного рівня обприскувача, його конструктивних особливостей та здатності забезпечувати рівномірний розподіл робочого розчину по поверхні поля. Саме тому вдосконалення конструкцій обприскувачів є одним із найважливіших напрямів розвитку сучасної сільськогосподарської техніки.

За способом агрегування обприскувачі поділяють на навісні, причіпні та самохідні. Навісні обприскувачі переважно використовуються в невеликих господарствах і характеризуються простотою конструкції та відносно низькою вартістю. Їх місткість зазвичай становить від 400 до 1500 л, а ширина захвату штанги – від 12 до 24 м. Основною перевагою таких машин є маневреність і невеликі експлуатаційні витрати. Водночас вони мають обмежену продуктивність та значне навантаження на навісну систему трактора.

Найбільшого поширення в середніх і великих господарствах набули причіпні обприскувачі. Вони оснащуються баками місткістю від 2500 до 8000 л та штангами шириною 24–42 м. Такі машини забезпечують високу

продуктивність роботи та можуть ефективно використовуватися на великих масивах посівів ріпаку. Сучасні конструкції причіпних обприскувачів обладнуються системами автоматичного регулювання норми внесення, GPS-навігацією, автоматичним відключенням секцій штанги та комп'ютеризованими системами контролю технологічного процесу.

Серед сучасних причіпних обприскувачів значного поширення набули машини компанії Amazone серії UX. Зокрема модель UX 6201 Super обладнана баком місткістю 6200 л та штангою Super-L шириною до 42 м. Конструкція штанги виготовлена із високоміцної сталі та оснащена гідروпневматичною системою стабілізації, яка забезпечує постійну висоту розташування розпилювачів над поверхнею рослин. Машина обладнується системою автоматичного підтримання норми внесення DUS pro та системою GPS-Switch, що дозволяє автоматично відключати окремі секції штанги під час перекриття оброблених ділянок.

Широко використовуються також обприскувачі компанії Horsch серії Leeb. Однією з найсучасніших моделей є Leeb GS 8.300, яка оснащена баком місткістю 8000 л та штангою шириною до 42 м. Особливістю даної машини є система BoomControl Pro, що автоматично підтримує висоту штанги на відстані 30–50 см від поверхні рослин. Це дозволяє значно зменшити знесення препарату та підвищити рівномірність покриття посівів. Робоча швидкість таких машин може досягати 20 км/год без погіршення якості внесення робочого розчину.

Серед самохідних обприскувачів особливе місце займають машини компанії John Deere серії R. Модель R4150i обладнується двигуном потужністю понад 300 к.с., баком місткістю 6000 л та штангою шириною до 40 м. Кліренс машини перевищує 1,5 м, що дозволяє проводити обробку високорослих культур на пізніх стадіях розвитку. Система PowrSpray забезпечує швидке заповнення бака та високу точність дозування робочого розчину. Використання інтелектуальної системи ExactApply дозволяє змінювати норму внесення та розмір крапель без зміни робочого тиску.

Модель	Фото	Характеристика	Переваги
Amazone UX 6201 Super (Німеччина)		- Тип: причіпний - Об'єм бака: 6200 л - Ширина штанги: 24–42 м - Насос: 2 × 260 л/хв - Система керування: DUS pro - Розпилювачі: інжекторні - Робоча швидкість: до 20 км/год - Габарити (Д×Ш×В): 8,8×2,55×3,8 м - Маса: 7200 кг	- Висока продуктивність і точність внесення - Стабілізація штанги Super-L - Автоматичне відключення секцій GPS-Switch - Економія препаратів до 15% - Зручна система заповнення та очищення
Horsch Leeb GS 8.300 (Німеччина)		- Тип: причіпний - Об'єм бака: 8000 л - Ширина штанги: 24–42 м - Насос: 2 × 400 л/хв - Система керування: Leeb ISOBUS - Стабілізація штанги: BoomControl Pro - Розпилювачі: інжекторні - Робоча швидкість: до 20 км/год - Маса: 8900 кг	- Висока точність підтримання висоти штанги - Рівномірне покриття навіть на високих швидкостях - Велика місткість бака - Просте та інтуїтивне керування - Надійна конструкція та довговічність
John Deere R4150i (США)		- Тип: самохідний - Об'єм бака: 6000 л - Ширина штанги: 30–40 м - Двигун: 6,8 л, 300 к.с. - Насос: 2 × 250 л/хв - Система керування: ExactApply - Кліренс: 1,55 м - Робоча швидкість: до 22 км/год - Маса: 14 500 кг	- Висока прохідність і стабільність - Інтелектуальне керування нормою внесення - Швидке заповнення бака PowrSpray - Комфортна кабіна та просте управління - Економія пального та препаратів
Case IH Patriot 4450 (США)		- Тип: самохідний - Об'єм бака: 4540 л - Ширина штанги: до 36 м - Двигун: 8,7 л, 325 к.с. - Насос: 2 × 220 л/хв - Система керування: AIM Command Flex II - Кліренс: 1,52 м - Робоча швидкість: до 20 км/год - Маса: 12 700 кг	- Індивідуальне керування кожним розпилювачем - Висока точність і рівномірність внесення - Стабільна робота на великих швидкостях - Зручність обслуговування - Сучасна електронна система контролю

Рисунок 1.3 – Огляд конструкцій обприскувачів

Високою популярністю користуються самохідні обприскувачі компанії Case IH серії Patriot. Модель Patriot 4450 оснащується баком місткістю 4540 л, штангою до 36 м та двигуном потужністю 325 к.с. Машина обладнана системою AIM Command Flex II, яка забезпечує індивідуальне керування кожним розпилювачем. Це дозволяє підтримувати постійну норму внесення незалежно від швидкості руху агрегату та забезпечує високу якість обробки посівів.

Останніми роками значного розвитку набули технології точного землеробства, які активно інтегруються в конструкції сучасних обприскувачів. Більшість провідних виробників оснащують свої машини системами автоматичного водіння, супутникової навігації та електронного контролю технологічного процесу. Такі системи дозволяють зменшити перекриття та пропуски при обробці поля, що сприяє економії препаратів на 5–15 %.

Перспективним напрямом є впровадження систем диференційованого внесення засобів захисту рослин. Наприклад, технологія See & Spray, розроблена компанією John Deere, використовує камери високої роздільної здатності та

елементи штучного інтелекту для виявлення бур'янів у режимі реального часу. Система автоматично активує лише ті розпилювачі, які знаходяться над бур'янами, що дозволяє суттєво скоротити витрати гербіцидів.

Конструкція сучасного польового обприскувача включає бак для робочого розчину, насосну установку, систему фільтрації, трубопроводи, регулятор тиску, штангу та розпилювачі. Особливу увагу виробники приділяють удосконаленню штанг обприскувачів, оскільки саме цей вузол значною мірою визначає якість внесення препаратів. Сучасні штанги виготовляються з високоміцних сталей або алюмінієвих сплавів, оснащуються гідравлічними амортизаторами та системами активної стабілізації.

Одним із найважливіших робочих органів обприскувача є розпилювач. У сучасних машинах широко використовуються плоскоструминні, інжекторні та двофакельні розпилювачі. Інжекторні розпилювачі формують повітряно-краплинну суміш, яка значно знижує ризик знесення препарату вітром. Завдяки цьому підвищується ефективність використання засобів захисту рослин та зменшується негативний вплив на навколишнє середовище.

Незважаючи на високий рівень технічного розвитку сучасних машин, аналіз їх конструкцій показує, що найбільший вплив на якість обприскування мають стабільність штанги, точність підтримання норми внесення та рівномірність розподілу робочого розчину. Саме тому більшість сучасних досліджень і конструкторських розробок спрямовані на вдосконалення цих вузлів та систем.

Таким чином, сучасні обприскувачі являють собою високотехнологічні машини, оснащені електронними системами контролю та автоматизації технологічного процесу. Використання таких машин дозволяє забезпечити високу якість внесення засобів захисту рослин, підвищити врожайність ріпаку та знизити виробничі витрати. Разом із тим подальше вдосконалення конструкцій обприскувачів залишається актуальним завданням, оскільки навіть незначне підвищення точності обприскування забезпечує суттєвий економічний ефект у сучасному аграрному виробництві.

1.4 Висновки з розділу

Ріпак є однією з найважливіших олійних культур України, яка характеризується високою економічною ефективністю та стабільним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. Аналіз статистичних даних за останні роки свідчить про збереження значних посівних площ під культурою та її важливу роль у структурі аграрного виробництва країни. Незважаючи на складні економічні та кліматичні умови, ріпак залишається перспективною культурою завдяки високій рентабельності вирощування та значному експортному потенціалу.

Встановлено, що рівень урожайності ріпаку значною мірою залежить від застосовуваної технології вирощування, серед якої важливе місце займає система обробітку ґрунту. Правильно обраний спосіб обробітку забезпечує створення сприятливих умов для накопичення та збереження вологи, покращення фізичних властивостей ґрунту, розвитку кореневої системи рослин і підвищення ефективності використання поживних речовин.

Сучасні технології мінімального та комбінованого обробітку ґрунту дозволяють зменшити енергетичні витрати, зберегти родючість ґрунтів і забезпечити формування високого врожаю ріпаку. Водночас вибір конкретної системи обробітку повинен здійснюватися з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов господарства, попередника та рівня матеріально-технічного забезпечення.

Отже, підвищення врожайності ріпаку в сучасних умовах можливе лише за комплексного вдосконалення технології його вирощування, що передбачає раціональний обробіток ґрунту, своєчасне виконання агротехнічних заходів та використання сучасних технічних засобів для забезпечення високої продуктивності культури.

2 РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ВИРОБНИЦТВА РІПАКУ

2.1 Обґрунтування комплексу основних технологічних операцій при вирощуванні ріпаку

Ефективність вирощування ріпаку значною мірою залежить від правильного вибору та своєчасного виконання комплексу технологічних операцій. Сучасні технології виробництва ріпаку базуються на використанні високопродуктивної техніки, систем точного землеробства та інноваційних агротехнічних рішень, що забезпечують формування високої врожайності культури при раціональному використанні матеріальних і енергетичних ресурсів.

Основними технологічними операціями при вирощуванні ріпаку є обробіток ґрунту, внесення добрив, сівба, догляд за посівами, захист рослин від шкідливих організмів та збирання врожаю. Кожна із зазначених операцій має важливе значення для формування продуктивності культури та повинна виконуватися з урахуванням сучасних агротехнічних вимог.

Підготовка ґрунту є першою та однією з найважливіших операцій технології вирощування ріпаку. Основною метою обробітку ґрунту є створення оптимальних умов для накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, заробки післяжнивних решток та формування вирівняного посівного ложа. У сучасному виробництві дедалі ширше застосовуються енергоощадні технології мінімального та комбінованого обробітку ґрунту.

Для виконання основного обробітку використовуються сучасні дискові борони та глибокорозпушувачі. Значного поширення набули агрегати типу Joker виробництва Horsch, Catros компанії Amazone, Carrier компанії Väderstad та Rubin виробництва Lemken. Ці машини забезпечують якісне подрібнення рослинних решток, інтенсивне перемішування їх із ґрунтом та підготовку поля до подальших технологічних операцій.

У господарствах із високим рівнем механізації все частіше застосовуються комбіновані ґрунтообробні агрегати, які за один прохід виконують декілька операцій одночасно. Це дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити ущільнення ґрунту та знизити витрати палива.

Важливою складовою технології вирощування ріпаку є система удобрення. Для формування врожаю 1 т насіння ріпак споживає приблизно 50–60 кг азоту, 20–30 кг фосфору та 40–50 кг калію. Тому забезпечення рослин елементами живлення є необхідною умовою отримання високих урожаїв.

Внесення мінеральних добрив здійснюється за допомогою сучасних розкидачів, оснащених електронними системами керування та супутниковою навігацією. Широкого застосування набули розкидачі Amazone ZA-TS, Rauch Axis та Kuhn Axis, які забезпечують ширину захвату до 50 м і високу точність розподілу добрив. Сучасні системи контролю дозволяють виконувати диференційоване внесення добрив відповідно до карт урожайності та агрохімічного обстеження полів.

Однією з найвідповідальніших технологічних операцій є сівба ріпаку. Від якості виконання сівби значною мірою залежить густота стояння рослин, рівномірність сходів та подальший розвиток посівів. Для отримання високої врожайності необхідно забезпечити точне дотримання норми висіву, рівномірну глибину загортання насіння та якісний контакт насіння з ґрунтом.

Сучасні технології передбачають використання високоточних пневматичних сівалок. Серед найбільш поширених моделей можна виділити Horsch Pronto, Amazone Cirrus, Väderstad Rapid та Lemken Solitair. Дані машини забезпечують рівномірний висів насіння на глибину 2–3 см із високою точністю розподілу по площі поля. Використання електронних систем контролю дозволяє автоматично регулювати норму висіву залежно від умов роботи.

Особливе значення має догляд за посівами ріпаку впродовж вегетаційного періоду. Основними завданнями даного етапу є забезпечення ефективного захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб, а також створення оптимальних умов для розвитку культури.

Найбільш ресурсомісткою операцією догляду за посівами є обприскування. Ріпак належить до культур інтенсивного типу, тому потребує декількох обробок засобами захисту рослин протягом вегетації. Від якості виконання даної операції безпосередньо залежить ефективність використання пестицидів і рівень майбутнього врожаю.

Для внесення засобів захисту рослин використовуються сучасні штангові обприскувачі. Найбільшого поширення набули машини Horsch Leeb, Amazone UX, John Deere R4150i та Case IH Patriot. Вони оснащуються баками місткістю від 4000 до 8000 л, штангами шириною до 42 м та електронними системами автоматичного керування технологічним процесом.

Сучасні обприскувачі обладнуються GPS-навігацією, автоматичним відключенням секцій штанги, системами стабілізації та контролю норми внесення робочого розчину. Це дозволяє уникати перекриттів і пропусків, підвищувати якість обробки та знижувати витрати препаратів на 10–15 %.

В останні роки значного розвитку набувають технології точного землеробства. Для моніторингу стану посівів широко використовуються безпілотні літальні апарати, супутникові системи спостереження та спеціалізоване програмне забезпечення. Отримані дані використовуються для оцінки стану рослин, визначення зон неоднорідності та формування карт-завдань для диференційованого внесення добрив і засобів захисту рослин.

Заключною технологічною операцією є збирання врожаю. Від своєчасності та якості виконання даного процесу залежать кількісні та якісні показники отриманої продукції. Ріпак характеризується високою схильністю до розтріскування стручків, тому затримка зі збиранням може призвести до значних втрат урожаю.

Для збирання ріпаку використовуються сучасні зернозбиральні комбайни, оснащені спеціальними ріпаковими столами та боковими ножами. Найбільш поширеними є комбайни John Deere серії S, Claas Lexion, New Holland CR та Case IH Axial-Flow. Дані машини забезпечують високу продуктивність роботи та мінімальні втрати насіння під час збирання.

Сучасні зернозбиральні комбайни обладнуються системами автоматичного налаштування робочих органів, датчиками втрат зерна та елементами точного землеробства. Це дозволяє підвищити якість збирання та зменшити втрати врожаю до мінімального рівня.

Аналіз сучасних технологій вирощування ріпаку свідчить, що найбільший вплив на формування врожайності мають операції сівби та захисту рослин. Саме тому вдосконалення технічних засобів для виконання цих операцій є одним із найбільш ефективних напрямів підвищення продуктивності виробництва. Особливу роль відіграють сучасні обприскувачі, які забезпечують точне внесення засобів захисту рослин та дозволяють повною мірою реалізувати потенціал високопродуктивних сортів і гібридів ріпаку.

Таким чином, сучасний комплекс технологічних операцій при вирощуванні ріпаку повинен базуватися на використанні високопродуктивної техніки, елементів точного землеробства та інноваційних агротехнологій. Це забезпечує підвищення врожайності культури, зниження виробничих витрат та покращення економічної ефективності аграрного виробництва.

2.2 Обґрунтування та розрахунок елементів технології вирощування ріпаку

Для обґрунтування технології вирощування ріпаку приймаємо площу посіву 500 га. Технологічний процес включає основний та передпосівний обробіток ґрунту, внесення мінеральних добрив, сівбу, догляд за посівами шляхом внесення засобів захисту рослин та збирання врожаю. Для виконання технологічних операцій використовуються сучасні машинно-тракторні агрегати, які забезпечують високу продуктивність та якість виконання робіт.

При вирощуванні ріпаку приймається наступний комплекс машин:

– лущення стерні – трактор John Deere 8R 340 + дискова борона Horsch Joker 8 RT;

- внесення мінеральних добрив – трактор John Deere 8R 340 + розкидач Amazone ZA-TS 4200;
- передпосівний обробіток – трактор John Deere 8R 340 + культиватор Horsch Cruiser 6 XL;
- сівба – трактор John Deere 8R 340 + сівалка Horsch Pronto 6 DC;
- обприскування – трактор John Deere 8R 340 + обприскувач ОП-2000;
- збирання врожаю – комбайн Claas Lexion 770.

Продуктивність агрегатів визначається за формулою:

$$W=0,1 \cdot B \cdot V \cdot \eta$$

де W – продуктивність агрегату, га/год; B – робоча ширина захвату, м; V – робоча швидкість руху, км/год; η – коефіцієнт використання часу зміни (0,75–0,85).

Лущення стерні/ Для виконання операції використовується дискова борона Horsch Joker 8 RT шириною захвату 8 м. Робоча швидкість агрегату становить 12 км/год, коефіцієнт використання часу зміни – 0,8.

Продуктивність агрегату: $W = 0,1 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 0,8 = 7,68$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 7,68 \cdot 8 = 61,4$ га/змін.

Потреба машинозмін: $N = 500 / 61,4 = 8,14$ змін.

Питома витрата палива для дискування становить 8,5 л/га.

Загальна витрата палива: $Q = 500 \cdot 8,5 = 4250$ л.

Трудові витрати: $T = 500 / 7,68 = 65,1$ люд.-год.

Внесення мінеральних добрив/ Для внесення добрив використовується розкидач Amazone ZA-TS 4200 шириною захвату 36 м.

Робоча швидкість – 15 км/год.

Продуктивність агрегату: $W = 0,1 \cdot 36 \cdot 15 \cdot 0,8 = 43,2$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 43,2 \cdot 8 = 345,6$ га.

Кількість змін: $N = 500 / 345,6 = 1,45$ зміни.

Витрати палива: $q = 2,5$ л/га. $Q = 500 \cdot 2,5 = 1250$ л.

Трудові витрати: $T = 500 / 43,2 = 11,6$ люд.-год.

Передпосівний обробіток ґрунту. Для передпосівної підготовки використовується культиватор Horsch Cruiser 6 XL шириною захвату 6 м.

Швидкість руху становить 10 км/год.

Продуктивність: $W = 0,1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 0,8 = 4,8$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 4,8 \cdot 8 = 38,4$ га.

Необхідна кількість змін: $N = 500 / 38,4 = 13,0$ змін.

Витрата палива: $q = 6,0$ л/га. $Q = 500 \cdot 6 = 3000$ л.

Трудові витрати: $T = 500 / 4,8 = 104,2$ люд.-год.

Сівба ріпаку. Для сівби використовується пневматична сівалка Horsch Pronto 6 DC.

Робоча ширина захвату – 6 м.

Робоча швидкість – 12 км/год.

Продуктивність: $W = 0,1 \cdot 6 \cdot 12 \cdot 0,8 = 5,76$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 5,76 \cdot 8 = 46,1$ га.

Потреба машинозмін: $N = 500 / 46,1 = 10,85$ змін.

Витрати палива: $q = 4,5$ л/га. $Q = 500 \cdot 4,5 = 2250$ л.

Трудові витрати: $T = 500 / 5,76 = 86,8$ люд.-год.

Обприскування посівів. Для захисту посівів використовується модернізований обприскувач ОП-2000 із шириною захвату 21,6 м.

Швидкість руху агрегату становить 10 км/год.

Продуктивність агрегату: $W = 0,1 \cdot 21,6 \cdot 10 \cdot 0,8 = 17,28$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 17,28 \cdot 8 = 138,2$ га.

Необхідна кількість змін: $N = 500 / 138,2 = 3,62$ зміни.

Середня витрата палива: $q = 1,8$ л/га. $Q = 500 \cdot 1,8 = 900$ л.

Трудові витрати: $T = 500 / 17,28 = 28,9$ люд.-год.

Оскільки протягом вегетації виконується чотири обробки посівів, сумарні витрати становлять:

Паливо: $Q_{\Sigma} = 900 \cdot 4 = 3600$ л.

Трудові витрати: $T_{\Sigma} = 28,9 \cdot 4 = 115,6$ люд.-год.

Збирання врожаю. Для збирання використовується комбайн Claas Lexion 770 з жаткою шириною 9 м.

Робоча швидкість – 6 км/год.

Продуктивність: $W = 0,1 \cdot 9 \cdot 6 \cdot 0,75 = 4,05$ га/год.

Змінна продуктивність: $W_{зм} = 4,05 \cdot 8 = 32,4$ га.

Необхідна кількість змін: $N = 500 / 32,4 = 15,4$ зміни.

Витрата палива: $q = 12$ л/га. $Q = 500 \cdot 12 = 6000$ л.

Трудові витрати: $T = 500 / 4,05 = 123,5$ люд.-год.

Отримані результати свідчать, що найбільш енергоємними операціями є збирання врожаю та основний обробіток ґрунту, на які припадає понад 50 % загальних витрат палива. Найбільші трудові витрати також характерні для збирання врожаю, передпосівного обробітку та багаторазового обприскування посівів. Використання сучасної високопродуктивної техніки дозволяє скоротити строки виконання робіт, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити формування високої врожайності ріпаку на рівні 3,0–3,5 т/га.

№	ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ	ПЕРІОД ВИКОНАННЯ	АГРЕГАТ (МАРКА МАШИН) Трактор + знаряддя/агрегат	ШИРИНА ЗАХВАТУ, м	РОБОЧА ШВИДКІСТЬ, км/год	ПРОДУКТИВНІСТЬ		ПОТРЕБА ЗМІН	ВИТРАТА ПАЛИВА		ТРУДОВІ ВИТРАТИ, люд.-год
						га/год	га/зміну (8 год)		л/га	усього, л	
1	 Лушення стерні (дискування)	Після збирання попередника	 John Deere 8R 340 + Horsch Joker 8 RT	8	12	7,68	61,4	8,14	8,5	4 250	65,1
2	 Внесення мінеральних добрив	Рання весна (або восени під основний обробіток)	 John Deere 8R 340 + Amazone ZA-TS 4200	36	15	43,2	345,6	1,45	2,5	1 250	11,6
3	 Передпосівний обробіток ґрунту	За 1–2 дні до сівби	 John Deere 8R 340 + Horsch Cruiser 6 XL	6	10	4,80	38,4	13,0	6,0	3 000	104,2
4	 Сівба ріпаку	Оптимальний строк сівби (кінець серпня – перша декада вересня)	 John Deere 8R 340 + Horsch Pronto 6 DC	6	12	5,76	46,1	10,85	4,5	2 250	86,8
5	 Обприскування посівів (4 обробки)	Впродовж вегетації	 John Deere 8R 340 + ОП-2000 (модерн.)	21,6	10	17,28	138,2	3,62 (на 1 обробку)	1,8	900 (на 1 обробку)	28,9 (на 1 обробку)
						Усього за 4 обробки:			7,2	3 600	115,6
6	 Збирання врожаю	Липень – серпень (при досягненні насіння)	 Claas Lexion 770 (жатка 9,0 м)	9	6	4,05	32,4	15,4	12,0	6 000	123,5

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

 Обробіток ґрунту

 Удобрення

 Сівба

 Захист рослин

 Збирання врожаю

ЗВЕДЕНІ ПОКАЗНИКИ

ЗАГАЛЬНІ ВИТРАТИ ПАЛИВА на весь комплекс робіт

 **20 350 л**
(40,7 л/га)

ЗАГАЛЬНІ ТРУДОВІ ВИТРАТИ на весь комплекс робіт

 **506,8 люд.-год**
(1,01 люд.-год/га)

КЛЮЧОВІ ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЇ

- ✓ Використання сучасної високопродуктивної техніки
- ✓ Оптимальні строки виконання операцій
- ✓ Рациональне використання палива та ресурсів
- ✓ Висока врожайність та якість продукції

Примітка: розрахунки виконані для площі 500 га, тривалість зміни – 8 год, коефіцієнт використання часу зміни – 0,8 (крім збирання – 0,75).

Рисунок 2.1 – План механізованих робіт вирощування ріпаку

2.3 Висновки з розділу

У результаті виконання розділу було розроблено план механізованих робіт для вирощування ріпаку на площі 500 га з використанням сучасних високопродуктивних машинно-тракторних агрегатів. Обґрунтовано склад комплексу технічних засобів для виконання всіх основних технологічних операцій, починаючи від підготовки ґрунту та внесення добрив і закінчуючи збиранням врожаю.

Проведені розрахунки показали, що застосування сучасних агрегатів забезпечує своєчасне виконання польових робіт відповідно до агротехнічних вимог. Найвищу продуктивність серед досліджуваних операцій має внесення мінеральних добрив, продуктивність якого становить 43,2 га/год, тоді як продуктивність модернізованого обприскувача ОП-2000 досягає 17,28 га/год. Це дозволяє виконувати обробку посівів у стислі агротехнічні строки та забезпечувати ефективний захист рослин.

Встановлено, що сумарні витрати палива на виконання комплексу механізованих робіт становлять 20350 л або 40,7 л/га. Найбільш енергоємними операціями є збирання врожаю та основний обробіток ґрунту, на які припадає найбільша частка паливних витрат. Загальні трудові витрати на вирощування ріпаку становлять 506,8 люд.-год, або близько 1,01 люд.-год на 1 га посівної площі.

Таким чином, розроблений план механізованих робіт забезпечує комплексну механізацію технологічного процесу вирощування ріпаку, раціональне використання машинно-тракторного парку та створює передумови для отримання стабільної врожайності на рівні 3,0–3,5 т/га. Отримані результати підтверджують доцільність подальшого вдосконалення технічних засобів захисту рослин, зокрема модернізації обприскувача ОП-2000, що дозволить підвищити ефективність виконання технологічних операцій та покращити економічні показники виробництва ріпаку.

З УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ОБПРИСКУВАЧА

3.1 Технічне обґрунтування удосконалення обприскувача

Одним із найважливіших елементів технології вирощування ріпаку є своєчасне та якісне внесення засобів захисту рослин. Від ефективності виконання даної операції значною мірою залежить рівень захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб, а також формування врожайності культури. Для виконання цих робіт у господарствах України широко використовуються штангові обприскувачі різних типів, серед яких значного поширення набув причіпний обприскувач ОП-2000.

Обприскувач ОП-2000 призначений для суцільного внесення гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів, регуляторів росту та рідких мінеральних добрив у посівах польових культур. Машина забезпечує приготування, транспортування та рівномірне розпилення робочого розчину по поверхні рослин. Конструкція обприскувача дозволяє використовувати його в різних ґрунтово-кліматичних умовах та агрегатувати з тракторами тягового класу 1,4–2,0.

До складу обприскувача входять рама, ходова система, бак для робочої рідини місткістю 2000 л, насосна установка, система фільтрації, розподільна апаратура, штанга з розпилювачами, система керування та допоміжне обладнання. Робочий процес полягає у заборі рідини з бака, її фільтрації, створенні необхідного тиску та подачі до розпилювачів штанги.

Технічна характеристика обприскувача ОП-2000 наведена нижче:

- місткість основного бака – 2000 л;
- ширина захвату штанги – 21,6 м;
- робочий тиск у системі – до 0,5 МПа;
- продуктивність насоса – до 200–250 л/хв;
- робоча швидкість руху – 6–12 км/год;
- транспортна швидкість – до 16 км/год;
- дорожній просвіт – не менше 500 мм;

- маса машини – близько 1500 кг;
- кількість обслуговуючого персоналу – 1 оператор.

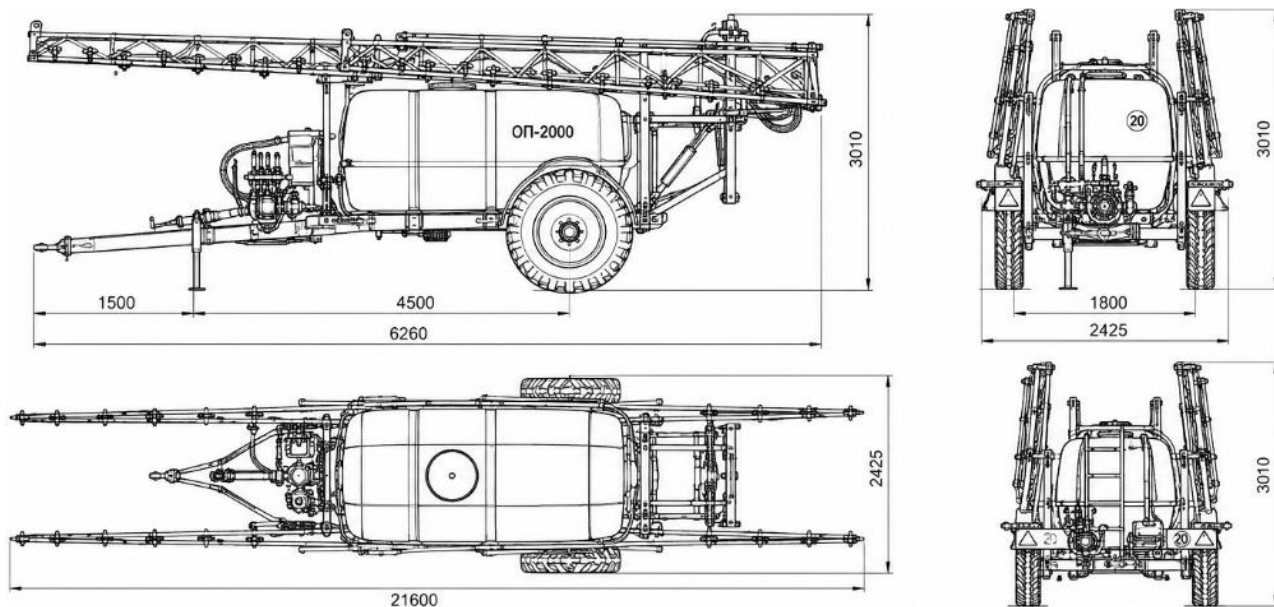


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд обприскувача ОП-2000

Під час роботи обприскувача робочий розчин із бака надходить через всмоктувальний фільтр до мембранно-поршневого насоса. Насос приводиться в дію від вала відбору потужності трактора через карданну передачу. Після створення необхідного тиску рідина проходить через напірний фільтр і надходить до розподільної системи, звідки подається до секцій штанги та розпилювачів.

Для підтримання однорідності робочого розчину в баку передбачена система гідравлічного перемішування. Вона забезпечує безперервну циркуляцію рідини та запобігає осіданню частинок препаратів на дно бака. Це особливо важливо під час внесення суспензій та рідких комплексних добрив.

Конструкція машини також дозволяє виконувати самозаправку робочого розчину. Через заправний рукав насос здійснює забирання рідини із зовнішньої ємності та подає її в основний бак. Така система значно скорочує тривалість підготовчо-завершальних операцій і підвищує продуктивність роботи агрегату.

Аналіз конструкції обприскувача ОП-2000 показує, що, незважаючи на достатню простоту та надійність, машина має ряд недоліків, які негативно впливають на якість виконання технологічного процесу. Найбільш суттєвими з них є недостатня стабільність положення штанги під час руху агрегату, коливання крайніх секцій на нерівностях поля та нерівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату.

У процесі роботи на підвищених швидкостях або при русі по нерівному рельєфу виникають значні вертикальні та горизонтальні коливання штанги. У результаті змінюється відстань між розпилювачами та поверхнею рослин, що призводить до нерівномірного покриття посівів робочим розчином. На окремих ділянках поля виникають зони з недостатньою або надмірною нормою внесення препарату.

Особливо актуальною ця проблема є під час обробки посівів ріпаку. На ранніх етапах розвитку культури надмірне внесення препаратів може спричиняти пригнічення рослин, тоді як недостатня норма внесення призводить до зниження ефективності боротьби з бур'янами та шкідниками. У фазі бутонізації та цвітіння нерівномірність обприскування негативно впливає на ефективність фунгіцидного та інсектицидного захисту.

Проведений аналіз сучасних конструкцій обприскувачів провідних світових виробників показує, що підвищення якості внесення засобів захисту рослин досягається шляхом використання систем стабілізації штанги, удосконалених механізмів підвіски та автоматизованого контролю параметрів обприскування. Такі рішення дозволяють підтримувати постійну висоту розташування розпилювачів над поверхнею рослин і забезпечувати високу рівномірність внесення робочої рідини.

З метою підвищення ефективності роботи обприскувача ОП-2000 у даному проєкті пропонується модернізація конструкції вузла кріплення та стабілізації штанги. Запропоноване технічне рішення спрямоване на зменшення амплітуди коливань штанги під час руху агрегату, покращення копіювання рельєфу поля та забезпечення більш рівномірного розподілу робочої рідини.

Очікується, що впровадження модернізованого вузла дозволить:

- зменшити нерівномірність внесення робочого розчину на 10–15 %;
- підвищити якість покриття рослин препаратом;
- знизити втрати робочої рідини внаслідок знесення;
- підвищити ефективність використання засобів захисту рослин;
- забезпечити можливість роботи на підвищених швидкостях без погіршення якості обприскування;
- зменшити витрати препаратів та собівартість виконання операції.

Таким чином, проведений аналіз конструкції обприскувача ОП-2000 свідчить про доцільність його модернізації. Основним напрямом удосконалення є покращення роботи штанги та підвищення стабільності її положення під час виконання технологічного процесу. Реалізація запропонованого технічного рішення дозволить підвищити якість захисту посівів ріпаку, збільшити врожайність культури та покращити техніко-економічні показники виробництва.

3.2 Аналіз техніко-експлуатаційних параметрів обприскувача

Розрахунок основних експлуатаційних параметрів обприскувача ОП-2000

Під час технологічного обґрунтування параметрів обприскувача ОП-2000 визначаються основні показники його роботи, до яких належать робоча ширина захвату, подача робочої рідини, продуктивність агрегату та параметри роботи розпилювачів. Ці характеристики безпосередньо впливають на якість внесення засобів захисту рослин, продуктивність агрегату та ефективність використання пестицидів при вирощуванні ріпаку.

Одним із головних параметрів штангового обприскувача є робоча ширина захвату штанги. Для обприскувача ОП-2000 приймаємо кількість розпилювачів $z = 43$ шт. при міжфорсунковій відстані $l = 0,5$ м.

Робоча ширина захвату визначається за залежністю $B = z \cdot l$. Тоді $B = 43 \cdot 0,5 = 21,5$ м.

Отримане значення практично відповідає паспортній ширині захвату обприскувача ОП-2000, яка становить 21,6 м.

Для розпилення робочої рідини використовуються плоскоструминні розпилювачі з діаметром вихідного отвору $d = 2$ мм. Такі розпилювачі забезпечують формування крапель оптимального розміру та рівномірне покриття рослин робочим розчином.

Площа вихідного отвору розпилювача становить $S = \pi d^2 / 4$. При $d = 0,002$ м: $S = 3,14 \cdot (0,002)^2 / 4 = 3,14 \cdot 10^{-6}$ м².

Максимальна витрата робочої рідини через один розпилювач визначається за формулою

$$q = 600\mu S(2gH)^{1/2}$$

де $\mu = 0,4$ – коефіцієнт витрати; $g = 9,81$ м/с²; $H = 0,5$ МПа = 500000 Па.

Підставляючи вихідні дані, отримаємо $q = 2,36$ л/хв.

Максимальна подача всієї штанги становить $Q_{\max} = q \cdot z = 2,36 \cdot 43 = 101,5$ л/хв.

Отримане значення значно менше від продуктивності насоса, яка становить 200–250 л/хв, що свідчить про наявність необхідного запасу подачі для стабільної роботи системи.

Важливим показником ефективності роботи агрегату є його теоретична продуктивність. Вона визначається залежністю

$$W = 0,1BV$$

де $B = 21,6$ м; $V = 10$ км/год.

Тоді $W = 0,1 \cdot 21,6 \cdot 10 = 21,6$ га/год.

З урахуванням коефіцієнта використання часу зміни $\eta = 0,8$ експлуатаційна продуктивність становить $W_e = 21,6 \cdot 0,8 = 17,28$ га/год.

Саме така продуктивність була прийнята під час розробки технологічної карти вирощування ріпаку.

Для забезпечення заданої норми внесення робочої рідини необхідно визначити хвилинну витрату через один розпилювач. При нормі внесення $Q =$

200 л/га та швидкості руху агрегату 10 км/год витрата через один розпилювач становить

$$q = QBV/600z = (200 \cdot 21,6 \cdot 10)/(600 \cdot 43) = 1,67 \text{ л/хв.}$$

Визначимо необхідний робочий тиск для забезпечення даної витрати. Він розраховується за формулою

$$H = q^2 / (72 \mu^2 S^2 g)$$

Після підстановки значень отримуємо $H \approx 0,25 \text{ МПа}$.

Отриманий тиск знаходиться в межах рекомендованого робочого діапазону для польових обприскувачів і забезпечує стабільне формування факела розпилення та якісне покриття рослин ріпаку.

Для оцінки ефективності використання бака визначимо площу, яку можна обробити за одну заправку. При місткості бака 2000 л та нормі внесення 200 л/га площа обробки становить $F = V_b/Q = 2000 / 200 = 10 \text{ га}$.

Отже, одна повна заправка бака забезпечує обробку близько 10 га посівів ріпаку. При площі посівів 500 га та чотирьох обробках за вегетаційний період загальна площа обприскування становитиме $F_{\text{заг}} = 500 \cdot 4 = 2000 \text{ га}$.

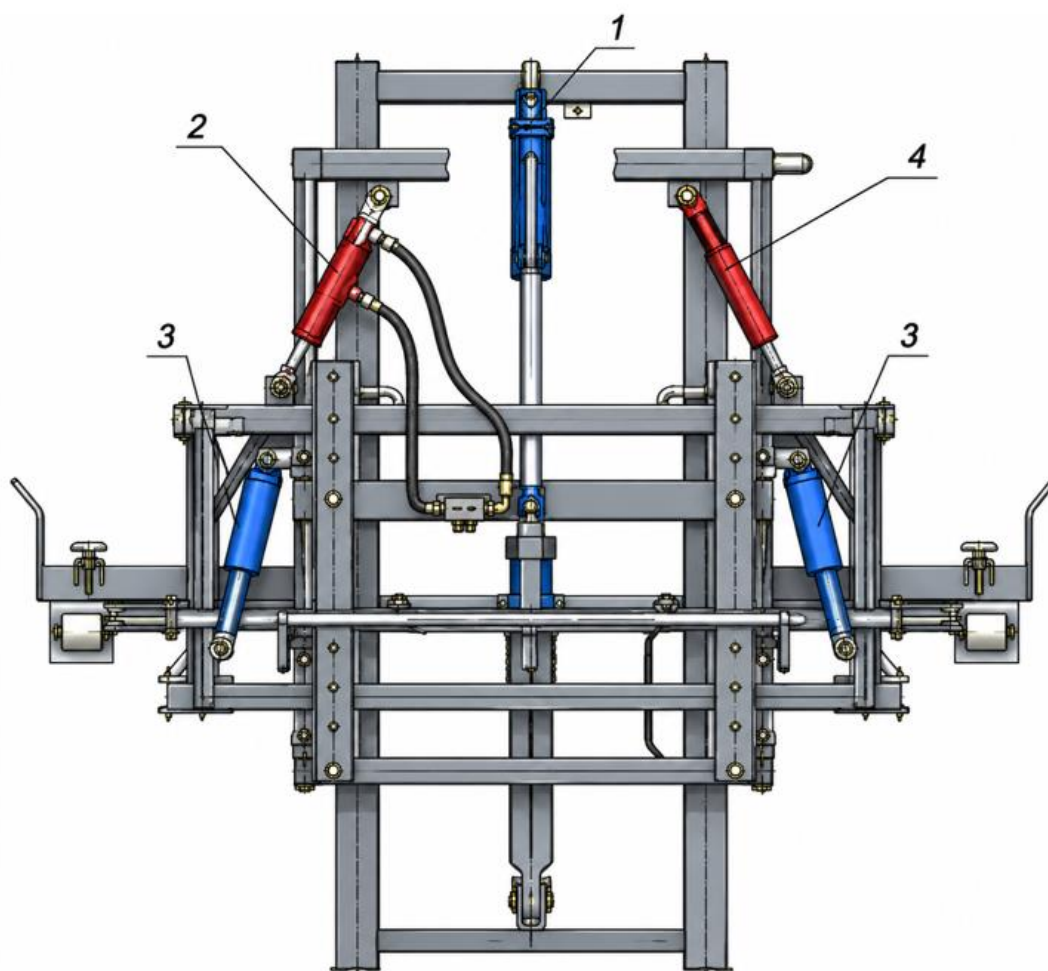
Необхідна кількість заправок обприскувача: $N = 2000 / 10 = 200 \text{ заправок}$.

Проведені розрахунки свідчать, що обприскувач ОП-2000 забезпечує достатню продуктивність для виконання захисних заходів при вирощуванні ріпаку. Водночас аналіз роботи машини показує, що основним фактором, який обмежує якість внесення робочої рідини, є коливання штанги під час руху агрегату. Саме тому подальше удосконалення конструкції доцільно спрямувати на модернізацію механізму стабілізації штанги, що дозволить підвищити рівномірність розподілу препарату та ефективність захисту посівів.

3.3 Інженерний розрахунок гідравлічного приводу штанги обприскувача

Після проведеного аналізу конструкції обприскувача ОП-2000 було встановлено, що штатна система підвіски штанги забезпечує її піднімання,

опускання та складання за допомогою гідравлічних приводів, проте має обмежені можливості щодо компенсації коливань під час руху агрегату по нерівностях поля. У базовому виконанні штанга жорстко закріплена на несучій рамі, що призводить до передачі динамічних навантажень від ходової системи на робочі органи та погіршення рівномірності внесення робочої рідини.



1 – гідроциліндр з тросовою системою; 2 – допоміжний гідроциліндр;
3 – амортизатори; 4 – розтяжка

Рисунок 3.2– Конструктивне виконання підвіски штанги обприскувача

Для усунення зазначеного недоліку запропоновано вдосконалення механізму підвіски шляхом застосування маятникової системи стабілізації штанги. Запропонована конструкція дозволяє штанзі самостійно адаптуватися до

змін рельєфу поля та підтримувати більш стабільне положення відносно поверхні рослин у поперечно-вертикальній площині.

Модернізація передбачає заміну стандартного механізму піднімання на комбіновану гідравлічно-тросову систему. Використання такого технічного рішення забезпечує вертикальне переміщення штанги, одночасно надаючи їй можливість вільного балансування відносно центральної осі підвіски. Додатково до конструкції вводяться амортизуючі елементи та регульовані розтяжки, які зменшують коливання штанги під час роботи та підвищують стійкість її положення.

Удосконалена конструкція включає основний гідроциліндр піднімання штанги, допоміжний гідроциліндр коригування положення, тросову систему підвіски, амортизатори та елементи кріплення. Використання такої схеми дозволяє зменшити нерівномірність внесення робочого розчину та підвищити якість обприскування посівів ріпаку.

Для обґрунтування параметрів модернізованої конструкції виконано розрахунок основних елементів гідравлічної системи. Вихідним параметром для розрахунку прийнято масу штанги обприскувача ОП-2000, яка становить: $P_1 = 700$ кг.

Піднімання штанги здійснюється основним гідроциліндром діаметром $D_1 = 80$ мм та ходом штока $H_1 = 800$ мм.

Час повного переміщення штока визначається за формулою:

$$t = H / v_n$$

де $H_1 = 0,8$ м; $v_n = 0,08$ м/с.

Тоді час піднімання становить: $t_1 = 0,8 / 0,08 = 10$ с.

Для визначення швидкості руху робочої рідини в напірному трубопроводі приймаємо внутрішній діаметр магістралі $d_1 = 12,5$ мм.

Швидкість потоку масла визначається залежністю:

$$v = (D/d)^2 v_n$$

Після підстановки вихідних даних отримуємо: $v_1 = 3,28$ м/с.

Отримане значення не перевищує допустиму швидкість руху масла в гідросистемі, яка для даного типу обладнання становить 3,5 м/с.

Необхідний тиск у порожнині гідроциліндра визначається за формулою:

$$p_{ц} = (4Pk)/(\pi D^2)$$

де $P = 7000$ Н; $k = 1,1$ – коефіцієнт запасу.

У результаті розрахунку отримано: $p_{ц} = 1,53$ МПа.

Для оцінки режиму руху робочої рідини визначається число Рейнольдса:

$$Re = v_d / \mu \cdot 10^3$$

При кінематичній в'язкості масла $\nu = 350$ сСт одержуємо: $Re = 117$.

Оскільки значення Re значно менше 2300, рух масла в трубопроводі відбувається в ламінарному режимі.

Динамічна в'язкість робочої рідини визначається за залежністю:

$$\mu = \gamma \nu / g \cdot 10^{-6}$$

За розрахунком: $\mu = 0,032$ кг·с/м².

Втрати тиску в маслопроводі визначаються виразом:

$$p_c = 32 l \mu v / d^2$$

Для довжини трубопроводу $l = 12$ м отримано: $p_c = 0,258$ МПа.

Загальний тиск, необхідний для піднімання штанги, становить:

$$P_1 = p_{ц} + p_c = 1,53 + 0,258 = 1,79 \text{ МПа.}$$

Для коригування положення штанги використовується допоміжний гідроциліндр діаметром $D_2 = 40$ мм та ходом штока $H_2 = 160$ мм.

Час його спрацювання становить: $t_2 = 0,16 / 0,08 = 2$ с.

Розрахунковий тиск у гідроциліндрі коригування дорівнює: $p_2 = 3,09$ МПа.

Розкриття секцій штанги виконується окремими гідроциліндрами діаметром $D_3 = 40$ мм та ходом штока $H_3 = 500$ мм.

Час повного розкриття секції визначається: $t_3 = 0,5 / 0,08 = 6,25$ с.

Необхідний робочий тиск для забезпечення розкриття штанги становить: $p_3 = 0,371$ МПа.

Сумарний тиск, який повинна забезпечувати гідросистема керування штангою, визначається як:

$$P_{\pi} = p_1 + p_2 + p_3.$$

Після підстановки значень отримуємо: $P_{\pi} = 1,79 + 3,09 + 0,371 = 5,25$ МПа.

Для забезпечення роботи модернізованої гідравлічної системи використовується шестеренний насос типу НШ-32 продуктивністю 32 л/хв. Необхідна потужність приводу насоса визначається за формулою:

$$N = 0,736 P_{\pi} Q_n / (450 \eta)$$

де $P_{\pi} = 52,5$ кгс/см²; $Q_n = 32$ л/хв; $\eta = 0,8$.

У результаті розрахунку отримано: $N = 3,44$ кВт.

Отже, для функціонування модернізованої системи стабілізації та керування штангою обприскувача ОП-2000 необхідна потужність приводу гідронасоса становить 3,44 кВт. Запропонована маятникова підвіска забезпечує покращення копіювання рельєфу поля, зменшує коливання штанги та підвищує рівномірність внесення робочої рідини, що є особливо важливим під час захисту посівів ріпаку.

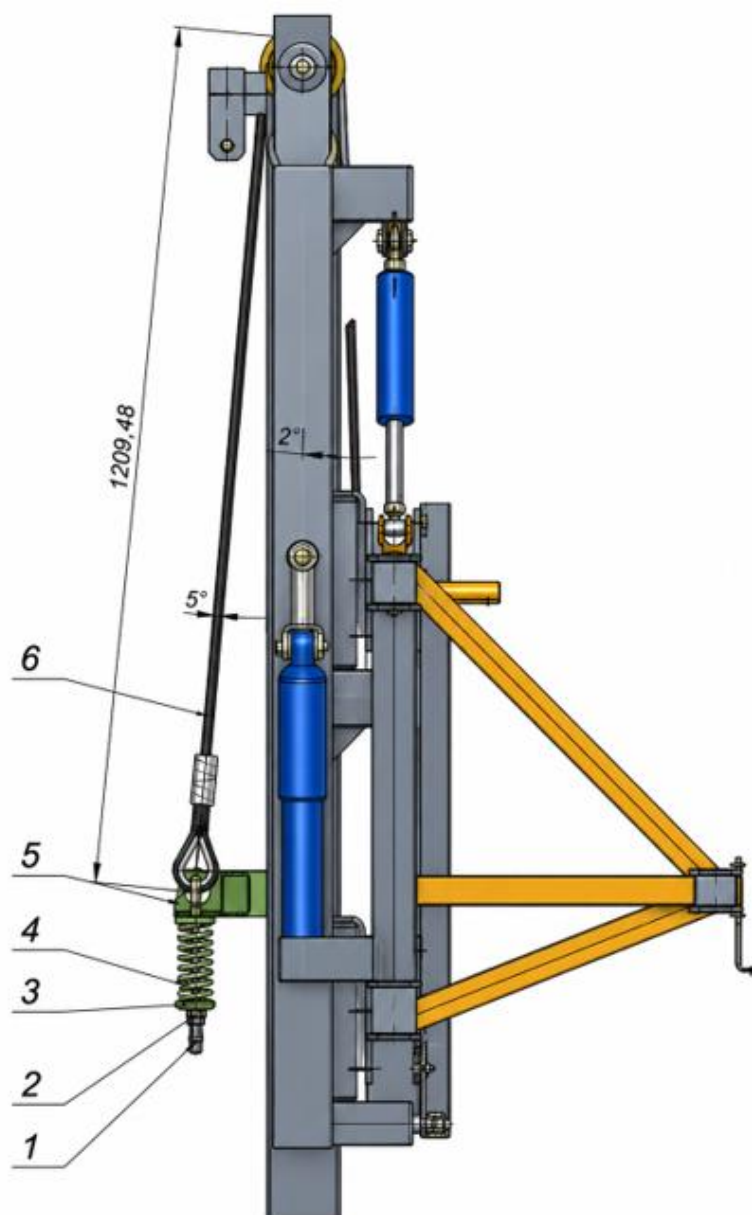
3.4 Розрахунок конструктивних параметрів удосконаленої підвіски штанги

Для забезпечення можливості самовирівнювання штанги відносно поздовжньої осі руху обприскувача в модернізованій конструкції підвіски поряд із гідроциліндром піднімання передбачено використання тросового механізму підвішування штанги (рис. 3.3). Таке технічне рішення забезпечує вільне кутове переміщення штанги під час роботи агрегату на нерівній поверхні поля, що сприяє підвищенню рівномірності внесення робочої рідини.

На першому етапі виконаємо розрахунок діаметра троса, який забезпечує піднімання та утримання штанги у робочому положенні. Вихідним параметром є вага штанги, яка становить: $P_1 = 7000$ Н.

Оскільки обприскувач працює в польових умовах і під час руху зазнає дії змінних навантажень, у розрахунках необхідно врахувати динамічні впливи. Для

цього вводиться коефіцієнт динамічності, значення якого для штангових обприскувачів приймається: $k_d = 2$.



1 – натяжна стяжка; 2 – регулювальні гайки; 3 – шайба; 4 – пружний елемент;
5 – упор; 6 – несучий трос

Рисунок 3.3 – Конструкція тросового механізму підвіски
штанги обприскувача ОП-2000

Тоді розрахункове навантаження на систему підвіски визначається залежністю

$$P_d = P_1 \cdot k_d.$$

Після підстановки значень одержимо:

$$P_d = 7000 \cdot 2 = 14000 \text{ Н.}$$

Згідно з умовами статичної рівноваги сума вертикальних складових сил повинна дорівнювати нулю: $\Sigma Y = 0$.

У системі діє сила ваги штанги P_d та сила натягу пружини P_n .

Оскільки блокова система є симетричною, вертикальні складові зусиль у тросі та пружному елементі практично рівні між собою. Тому сила натягу троса становитиме: $P_n = 14040 \text{ Н.}$

Відповідно навантаження, яке передається на вісь блока та шток основного гідроциліндра, визначається сумою сил від дії ваги штанги та натягу троса: $P_{\Sigma} = 27980 \text{ Н.}$

Для визначення мінімально допустимого діаметра троса скористаємося умовою міцності на розтяг:

$$\sigma = P_n / A \leq [\sigma],$$

де A – площа поперечного перерізу троса, м^2 ; $[\sigma]$ – допустиме напруження розтягу.

Площа поперечного перерізу круглого троса визначається залежністю:

$$A = \pi d^2 / 4.$$

Для сталевих тросів приймаємо допустиме напруження: $[\sigma] = 200 \text{ МПа.}$

Після перетворення формули одержимо необхідний діаметр троса: $d \geq 0,0095 \text{ м.}$

З урахуванням запасу міцності приймаємо стандартний сталевий трос діаметром: $d = 10 \text{ мм.}$

Отриманий результат забезпечує надійну роботу підвіски штанги при експлуатації обприскувача в умовах динамічних навантажень та коливань під час руху по полю.

Наступним етапом є розрахунок параметрів пружного елемента, який використовується для демпфування коливань штанги та обмеження її

вертикальних переміщень. Пружина встановлюється в конструкції тросового механізму підвіски та забезпечує плавність роботи системи стабілізації.

Вихідною величиною для розрахунку пружини приймається сила натягу троса: $P_{\pi} = 14040 \text{ Н}$.

Саме це навантаження буде використано для подальшого визначення жорсткості пружини, її геометричних параметрів та перевірки працездатності модернізованого механізму підвіски штанги обприскувача ОП-2000.

3.5 Розрахунок силових параметрів і перевірка міцності штанги обприскувача

Штанга обприскувача є одним із найбільш відповідальних елементів конструкції, оскільки саме на ній розміщуються розпилювачі, трубопроводи подачі робочої рідини та допоміжні вузли. Під час роботи агрегату штанга сприймає навантаження від власної ваги, маси робочої рідини, елементів кріплення та динамічних впливів, що виникають при русі обприскувача по нерівній поверхні поля. Тому при проектуванні модернізованої конструкції необхідно перевірити її міцність на дію згину та кручення.

Для виконання розрахунку одну із бічних секцій штанги розглядаємо як консольну балку, жорстко закріплену в місці приєднання до центральної частини. Така схема найбільш повно відображає реальні умови роботи конструкції.

Вихідними даними для розрахунку є:

- довжина консольної секції штанги $L = 1,3 \text{ м}$;
- інтенсивність рівномірно розподіленого навантаження $q = 30 \text{ Н/м}$;
- ексцентриситет прикладання навантаження $e = 0,05 \text{ м}$;
- матеріал штанги – конструкційна сталь;
- поперечний переріз – квадратна профільна труба $20 \times 20 \times 2 \text{ мм}$.

Спочатку визначимо геометричні характеристики поперечного перерізу труби.

Внутрішній розмір профілю становить:

$$b_i = b - 2t$$

де $b = 20$ мм – зовнішній розмір профілю; $t = 2$ мм – товщина стінки.

Тоді $b_i = 20 - 2 \cdot 2 = 16$ мм.

Момент інерції поперечного перерізу визначається за залежністю

$$I = (b^4 - b_i^4) / 12$$

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$I = (20^4 - 16^4) / 12 = 7872 \text{ мм}^4.$$

Момент опору згину становить

$$W = I / (b/2) = 7872 / 10 = 787,2 \text{ мм}^3.$$

Для подальшого розрахунку крутної жорсткості визначимо площу, обмежену середньою лінією перерізу:

$$A_m = (b - t)^2 = (20 - 2)^2 = 324 \text{ мм}^2.$$

Полярний момент опору тонкостінного замкнутого профілю визначається виразом

$$W_t = 2A_m t = 2 \cdot 324 \cdot 2 = 1296 \text{ мм}^3.$$

Максимальний згинальний момент для консольної балки з рівномірно розподіленим навантаженням визначається за формулою

$$M_{\max} = qL^2 / 2$$

де q – розподілене навантаження від власної ваги конструкції та робочої рідини;
 L – довжина секції штанги.

Після підстановки значень маємо: $M_{\max} = (30 \cdot 1,3^2) / 2 = 25,35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$

У перерахунку на Н·мм: $M_{\max} = 25350 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$

Максимальне нормальне напруження згину визначається залежністю

$$\sigma = M_{\max} / W = 25350 / 787,2 = 32,2 \text{ МПа}.$$

Під час роботи обприскувача виникають додаткові крутні навантаження, обумовлені ексцентриситетом розташування елементів конструкції та дією динамічних сил.

Максимальний крутний момент визначається виразом

$$T_{\max} = q_e L$$

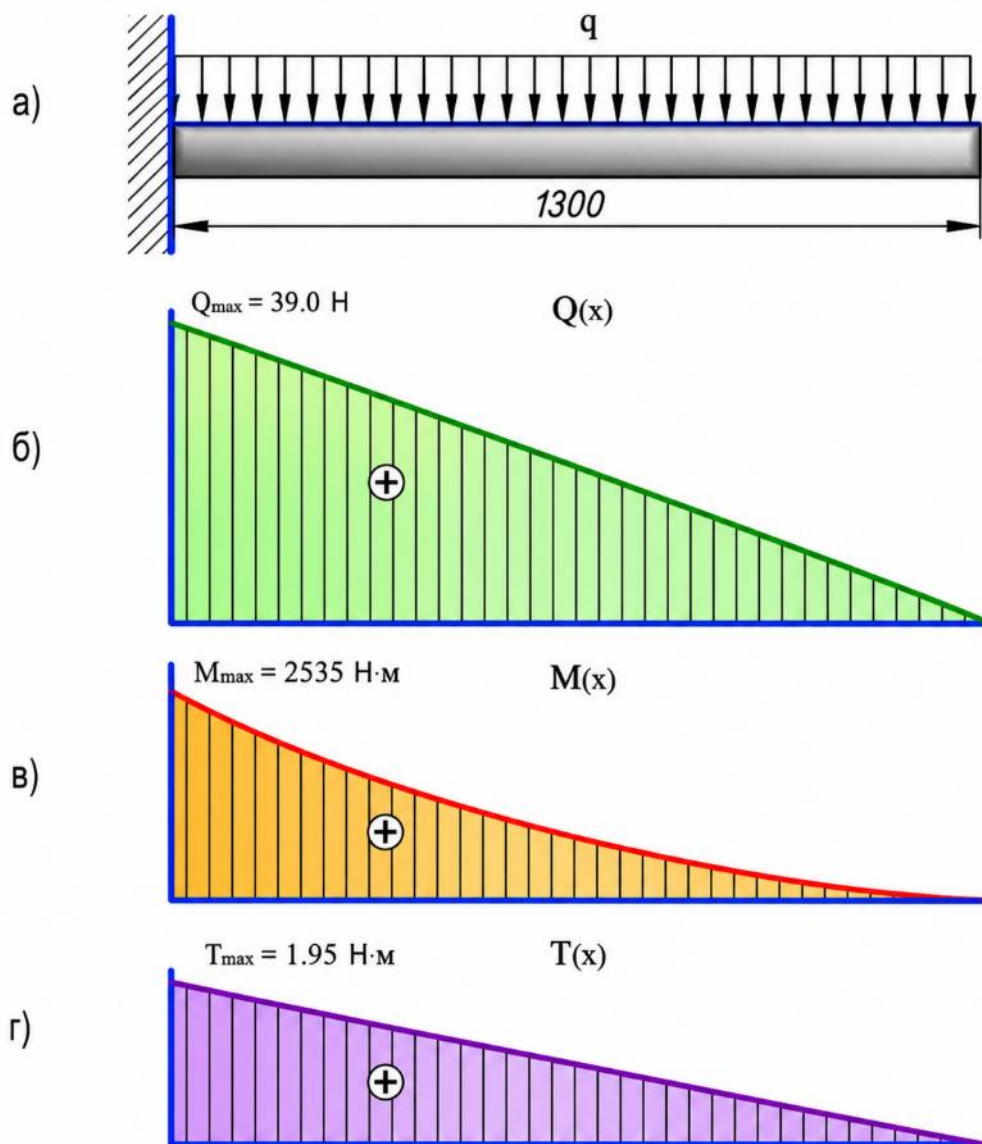


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема навантаження секції штанги та графічне відображення внутрішніх силових факторів: а – схема прикладення навантаження; б – епюра поперечної сили; в – епюра згинального моменту; г – епюра крутного моменту

Після підстановки вихідних параметрів отримаємо:

$$T_{\max} = 30 \cdot 0,05 \cdot 1,3 = 1,95 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1950 \text{ Н} \cdot \text{мм}. \quad (3.8)$$

Дотичні напруження від кручення визначаються за формулою

$$\tau = T_{\max} / W_t = 1950 / 1296 = 1,50 \text{ МПа}.$$

Для оцінки напруженого стану використовується еквівалентне напруження за енергетичною теорією міцності:

$$\sigma_{eq} = (\sigma^2 + 3\tau^2)$$

Після підстановки отриманих значень:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{(32,2^2 + 3 \cdot 1,5^2)} = 32,3 \text{ МПа.}$$

Для конструкційної сталі допустиме напруження приймаємо: $[\sigma] = 140$ МПа.

Коефіцієнт запасу міцності визначається за співвідношенням

$$n = \sigma / \sigma_{eq} = 140/32,3 = 4,3.$$

Оскільки $\sigma_{eq} < [\sigma]$, умова міцності виконується повністю.

Проведені розрахунки показали, що модернізована штанга обприскувача ОП-2000, виготовлена з профільної труби перерізом $20 \times 20 \times 2$ мм, має достатній запас міцності при одночасній дії згинальних та крутних навантажень. Максимальне еквівалентне напруження становить 32,3 МПа, що майже у 4,3 раза менше від допустимого для обраного матеріалу. Отримані результати підтверджують працездатність конструкції та її надійну експлуатацію в умовах польових робіт при обробці посівів ріпаку.

3.6 Висновки з розділу

У результаті виконання конструкторського розділу проведено аналіз будови та принципу роботи обприскувача ОП-2000, що дозволило виявити основні недоліки існуючої конструкції, пов'язані з недостатньою стабільністю положення штанги під час руху агрегату по нерівностях поля. Встановлено, що коливання штанги негативно впливають на рівномірність внесення робочої рідини та ефективність захисту посівів ріпаку.

Для усунення виявлених недоліків запропоновано модернізацію механізму підвіски штанги шляхом впровадження маятникової системи стабілізації з використанням гідравлічно-тросового підвісу, амортизаторів та пружних елементів. Запропонована конструкція забезпечує покращене копіювання рельєфу поля, зменшення динамічних навантажень на штангу та підтримання стабільної висоти розташування розпилювачів над поверхнею рослин.

У ході проектування виконано розрахунок основних параметрів гідравлічної системи керування штангою, визначено необхідний тиск у гідроциліндрах, параметри тросового підвісу та потужність приводу гідронасоса. Встановлено, що для забезпечення роботи модернізованої системи достатньо потужності 3,44 кВт, що повністю відповідає технічним можливостям обприскувача ОП-2000.

Проведений перевірочний розрахунок штанги на дію згинальних і крутних навантажень показав, що максимальне еквівалентне напруження становить 32,3 МПа, що значно менше допустимого значення для конструкційної сталі. Коефіцієнт запасу міцності дорівнює 4,3, що підтверджує надійність і працездатність модернізованої конструкції в умовах експлуатації.

Таким чином, запропоноване удосконалення обприскувача ОП-2000 є технічно обґрунтованим, забезпечує підвищення якості обприскування посівів ріпаку, зменшення нерівномірності внесення робочої рідини та створює передумови для підвищення врожайності культури й ефективності використання засобів захисту рослин.

4 РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ОБПРИСКУВАННЯ

Обприскування посівів ріпаку є однією з найважливіших технологічних операцій, від якої значною мірою залежить ефективність захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб. Своєчасне і якісне внесення засобів захисту рослин забезпечує формування оптимальної густоти продуктивного стеблостою, збереження листкового апарату та створення сприятливих умов для реалізації генетичного потенціалу врожайності культури.

У сучасних технологіях вирощування ріпаку протягом вегетації виконують декілька обробок посівів гербіцидами, фунгіцидами, інсектицидами та регуляторами росту. Для виконання технологічної операції у проєкті використовується модернізований обприскувач ОП-2000 з шириною захвату 21,6 м.

Основними завданнями операційно-технологічної карти є визначення раціональних режимів роботи агрегату, встановлення агротехнічних вимог, розрахунок продуктивності та організація виконання робіт у польових умовах.

Якість виконання операції повинна відповідати таким вимогам:

- відхилення фактичної норми внесення від заданої не більше $\pm 5\%$;
- нерівномірність розподілу робочої рідини по ширині захвату не більше 15% ;
- перекриття суміжних проходів не більше 0,2 м;
- робочий тиск у системі 0,2–0,4 МПа;
- швидкість руху агрегату 8–12 км/год;
- висота розташування штанги над рослинами 0,5–0,7 м;
- швидкість вітру не більше 5 м/с;
- температура повітря від $+10$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість повітря не менше 60% .

Дотримання зазначених вимог забезпечує ефективне покриття рослин робочим розчином та мінімізацію втрат препарату внаслідок знесення або випаровування.

Для виконання операції приймається машинно-тракторний агрегат у складі:

- трактор John Deere 8R 340;
- модернізований причіпний обприскувач ОП-2000;
- ємність для підвезення води;
- змішувальний вузол для приготування робочого розчину.
- Основні параметри агрегату:
- потужність трактора – 250 кВт;
- місткість бака обприскувача – 2000 л;
- ширина захвату – 21,6 м;
- продуктивність насоса – 250 л/хв;
- кількість розпилювачів – 43 шт.;
- крок між розпилювачами – 0,5 м.

Запропонована модернізація підвіски штанги дозволяє зменшити її коливання під час роботи та забезпечує більш рівномірне внесення робочого розчину.

Перед виїздом у поле оператор повинен виконати комплекс підготовчих операцій:

- перевірити технічний стан трактора та обприскувача;
- оглянути трубопроводи та гідросистему;
- перевірити герметичність з'єднань;
- очистити фільтри;
- перевірити роботу насоса;
- провести калібрування розпилювачів;
- встановити необхідний робочий тиск;
- відрегулювати висоту штанги;
- перевірити роботу механізму стабілізації штанги.

Після завершення регулювань виконується контрольне випробування системи на холостому режимі.

Теоретична продуктивність агрегату визначається за формулою

$$W_T = 0,1 \cdot B \cdot V,$$

де $B = 21,6$ м – ширина захвату; $V = 10$ км/год – робоча швидкість.

Тоді $W_T = 0,1 \cdot 21,6 \cdot 10 = 21,6$ га/год.

З урахуванням коефіцієнта використання часу зміни: $\eta = 0,8$ експлуатаційна продуктивність становить $W_e = 21,6 \cdot 0,8 = 17,28$ га/год.

При площі поля 500 га необхідний час роботи агрегату: $T = 500 / 17,28 = 28,9$ год.

Кількість змін: $N = 28,9 / 8 = 3,6$ зміни.

Отже, для обробки 500 га достатньо чотирьох робочих змін.

Для підвищення продуктивності агрегату застосовується човниковий спосіб руху.

Перед початком роботи поле розбивається на загони. Ширина загінки повинна забезпечувати мінімальну кількість холостих переїздів та поворотів.

Послідовність виконання роботи:

1. Заправка бака робочим розчином.
2. Вихід агрегату на загінку.
3. Встановлення робочої швидкості.
4. Увімкнення подачі робочого розчину.
5. Виконання обприскування.
6. Відключення подачі при поворотах.
7. Контроль якості внесення.
8. Заправка та продовження роботи.

Особливу увагу приділяють контролю роботи штанги. Завдяки модернізованій підвісці забезпечується стабільна висота розташування розпилювачів над рослинами навіть на нерівних ділянках поля.

Якість обприскування оцінюється за такими показниками:

- фактична норма внесення робочого розчину;

- рівномірність розподілу по ширині захвату;
- розмір крапель;
- повнота покриття рослин;
- відсутність пропусків та перекриттів.

Для перевірки рівномірності використовують спеціальні лотки або паперові індикатори, які розміщують по ширині захвату штанги.

У разі відхилення показників від нормативних значень виконують додаткове регулювання тиску або заміну розпилювачів.

Робота із засобами захисту рослин належить до категорії підвищеної небезпеки, тому персонал повинен пройти відповідний інструктаж та використовувати засоби індивідуального захисту:

- захисний комбінезон;
- гумові рукавиці;
- захисні окуляри;
- респіратор;
- гумові чоботи.

Під час роботи забороняється:

- проводити ремонт при працюючому насосі;
- перебувати поблизу працюючої штанги;
- виконувати обробку при швидкості вітру понад 5 м/с;
- допускати витікання робочого розчину.

Після завершення роботи обприскувач промивають чистою водою, а залишки робочого розчину утилізують відповідно до чинних екологічних вимог.

Розроблена операційно-технологічна карта дозволяє раціонально організувати процес обприскування посівів ріпаку, забезпечити високу якість внесення засобів захисту рослин та максимально реалізувати переваги модернізованого обприскувача ОП-2000.



Рисунок 4.1 – Операційно-технологічна карта обприскування

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Під час виконання технологічних операцій з вирощування ріпаку особливу увагу необхідно приділяти питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища. Найбільшу небезпеку для працівників становлять роботи, пов'язані з приготуванням робочих розчинів пестицидів, заправкою обприскувачів, обробкою посівів засобами захисту рослин, а також технічним обслуговуванням машинно-тракторних агрегатів. Тому всі роботи повинні виконуватися відповідно до вимог чинного законодавства України, нормативно-правових актів з охорони праці та екологічної безпеки.

До роботи з обприскувачами допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та інструктаж з питань охорони праці. Працівники повинні знати правила безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки, порядок поводження з пестицидами та агрохімікатами, а також дії у випадку виникнення аварійних ситуацій. Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан трактора, обприскувача, гідравлічної системи, насосного обладнання, трубопроводів, форсунок та запірної арматури. Особливу увагу слід приділяти герметичності всіх з'єднань, оскільки витікання робочого розчину може призвести до отруєння персоналу та забруднення навколишнього середовища.

При виконанні операцій з приготування та внесення робочих розчинів працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спеціальний одяг, гумові рукавиці, захисні окуляри, респіратор та гумове взуття. Засоби захисту мають відповідати характеру виконуваних робіт та забезпечувати надійний захист органів дихання, шкіри та очей від контакту з хімічними речовинами. Під час роботи забороняється вживати їжу, палити або залишати засоби захисту в зоні обробки.

Заправлення обприскувача робочим розчином необхідно проводити на спеціально обладнаних майданчиках із твердим покриттям, розташованих на

безпечній відстані від джерел питної води, житлових будівель та водойм. Під час заправлення слід уникати переливання робочої рідини та її потрапляння на ґрунт. У разі випадкового розливу препарату забруднену ділянку необхідно негайно локалізувати та провести заходи щодо її очищення відповідно до встановлених вимог.

Обприскування посівів ріпаку дозволяється проводити лише за сприятливих погодних умов. Швидкість вітру не повинна перевищувати 5 м/с, температура повітря має бути в межах від +10 до +25 °С, а відносна вологість повітря – не менше 60 %. Недотримання цих умов призводить до підвищення знесення робочого розчину за межі оброблюваної ділянки, зниження ефективності застосування препаратів та негативного впливу на навколишнє середовище.

Під час роботи агрегату забороняється перебування сторонніх осіб у зоні дії обприскувача. Оператор повинен постійно контролювати показники тиску в системі, роботу насоса та стан штанги. Будь-які ремонтні роботи, очищення форсунок або усунення несправностей дозволяється виконувати лише після повної зупинки агрегату, вимкнення двигуна трактора та скидання тиску в системі.

Після завершення обприскування необхідно ретельно промити бак, трубопроводи, насос і форсунки чистою водою. Промивання здійснюється на спеціально відведених майданчиках, що виключають потрапляння залишків пестицидів у ґрунт та водойми. Забороняється зливати залишки робочих розчинів або промивні води на поля, у канави, річки чи інші водні об'єкти.

Важливим напрямом забезпечення екологічної безпеки є раціональне використання засобів захисту рослин. Норми внесення препаратів повинні відповідати рекомендаціям виробників та агротехнічним вимогам. Надмірне застосування пестицидів не лише збільшує виробничі витрати, а й призводить до накопичення шкідливих речовин у ґрунті, рослинах та продукції. Для зменшення негативного впливу на довкілля доцільно використовувати сучасні малодрифтові

розпилювачі, системи стабілізації штанги та автоматичного контролю норми внесення.

Запропонована модернізація обприскувача ОП-2000 сприяє підвищенню екологічної безпеки технологічного процесу за рахунок стабілізації положення штанги та покращення рівномірності розподілу робочої рідини. Це дозволяє зменшити втрати препарату внаслідок знесення, підвищити ефективність використання засобів захисту рослин і знизити антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці, використання справної техніки, сучасних засобів індивідуального захисту та екологічно безпечних технологій обприскування забезпечує безпечні умови праці персоналу, ефективне виконання технологічного процесу та мінімізацію негативного впливу на навколишнє природне середовище.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБПРИСКУВАЧА

Ефективність виробництва ріпаку значною мірою залежить від якості виконання операцій із захисту рослин. Одним із головних факторів, що впливають на результативність обприскування, є стабільність положення штанги та рівномірність внесення робочої рідини. У проєкті запропоновано модернізацію обприскувача ОП-2000 шляхом удосконалення механізму підвіски штанги, що забезпечує зменшення її коливань під час роботи та підвищення якості внесення засобів захисту рослин.

Для оцінки економічної доцільності впровадження модернізованої конструкції проведемо порівняння базового та удосконаленого обприскувачів. Аналіз ринку сільськогосподарської техніки показує, що вартість нового причіпного обприскувача ОП-2000 із баком 2000 л та штангою 18–21 м становить від 390 до 426 тис. грн. Для подальших розрахунків приймаємо середню ринкову вартість серійного обприскувача 400 тис. грн.

Вартість модернізованого обприскувача збільшується за рахунок встановлення додаткових елементів підвіски, тросового механізму, амортизаторів та кріпильних вузлів. Орієнтовна вартість удосконаленої конструкції становить 430 тис. грн. Таким чином, додаткові капітальні вкладення складають: $\Delta K = 430000 - 400000 = 30000$ грн.

Розрахунок виконується для господарства, яке вирощує ріпак на площі 500 га. За технологією передбачається чотири обробки посівів протягом вегетаційного періоду. Загальна площа обприскування становить: $F = 500 \times 4 = 2000$ га.

Основною перевагою модернізованого обприскувача є зменшення нерівномірності внесення робочої рідини та скорочення непродуктивних втрат препаратів. За даними експлуатаційних досліджень штангових обприскувачів використання стабілізованої підвіски дозволяє зменшити перевитрати засобів захисту рослин на 5–8 %. Для розрахунків приймаємо середнє значення 6 %.

Середні витрати на засоби захисту рослин при вирощуванні ріпаку становлять близько 4500 грн/га. Тоді річні витрати на препарати дорівнюють:
 $V_{ззр} = 500 \times 4500 = 2250000$ грн.

Економія від зниження перевитрат препаратів: $E_{ззр} = 2250000 \times 0,06 = 135000$ грн.

Важливим показником є витрати праці на обслуговування агрегату. Для базового обприскувача трудомісткість технічного обслуговування та регулювань становить 0,09 люд.-год/га. Для модернізованої конструкції завдяки підвищенню стабільності штанги та зменшенню кількості додаткових регулювань цей показник знижується до 0,08 люд.-год/га.

Річні трудові витрати становлять: $T_б = 2000 \times 0,09 = 180$ люд.-год; $T_м = 2000 \times 0,08 = 160$ люд.-год.

Економія праці: $\Delta T = 20$ люд.-год.

За середньої вартості однієї людино-години механізатора 150 грн економія коштів становить: $E_T = 20 \times 150 = 3000$ грн.

Наступним показником є витрати паливно-мастильних матеріалів. Для серійного обприскувача питомі витрати палива складають 1,8 л/га. Завдяки зменшенню повторних проходів та більш стабільній роботі штанги модернізований обприскувач забезпечує зниження витрат до 1,7 л/га.

Річні витрати дизельного палива: $Q_б = 2000 \times 1,8 = 3600$ л; $Q_м = 2000 \times 1,7 = 3400$ л.

Річна економія палива: $\Delta Q = 200$ л.

За середньою ціною дизельного палива 60 грн/л річна економія становить: $E_п = 200 \times 60 = 12000$ грн.

Розрахуємо амортизаційні відрахування. Нормативний строк служби обприскувача приймаємо 10 років.

Для серійного обприскувача: $A_б = 400000 / 10 = 40000$ грн/рік.

Для модернізованого: $A_м = 430000 / 10 = 43000$ грн/рік.

Збільшення амортизаційних відрахувань становить 3000 грн на рік.

Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт приймаються на рівні 8 % від балансової вартості машини.

Для базового обприскувача: $P_6 = 400000 \times 0,08 = 32000$ грн/рік.

Для модернізованого: $P_m = 430000 \times 0,08 = 34400$ грн/рік.

Додаткові витрати становлять 2400 грн на рік.

Підвищення рівномірності обприскування позитивно впливає на врожайність ріпаку. За результатами досліджень приймаємо приріст урожайності на рівні 2 %. При середній урожайності 3,2 т/га та площі 500 га додатковий урожай становить: $\Delta Y = 500 \times 3,2 \times 0,02 = 32$ т.

За середньою ціною реалізації ріпаку 23000 грн/т додатковий дохід дорівнює: $E_{вр} = 32 \times 23000 = 736000$ грн.

Загальний річний економічний ефект визначається як сума отриманої економії та додаткового доходу: $E_p = 135000 + 3000 + 12000 + 736000 - 3000 - 2400 = 880600$ грн.

Таблиця 6.1 – Порівняльна техніко-економічна оцінка обприскувачів

Показник	Базовий ОП-2000	Модернізований ОП-2000
Вартість машини, грн	400000	430000
Ширина захвату, м	21,6	21,6
Продуктивність, га/год	17,28	18,00
Витрата палива, л/га	1,8	1,7
Річні витрати палива, л	3600	3400
Трудовісткість, люд.-год/га	0,09	0,08
Річні трудові витрати, люд.-год	180	160
Амортизаційні відрахування, грн/рік	40000	43000
Витрати на ТО і ремонт, грн/рік	32000	34400
Економія ЗЗР, грн/рік	—	135000
Додатковий дохід від приросту врожаю, грн/рік	—	736000
Річний економічний ефект, грн	—	880600
Додаткові капіталовкладення, грн	—	30000
Строк окупності, років	—	0,1

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначається за формулою:

$$T_{ок} = \Delta K / E_p = 30000 / 880600 = 0,1 \text{ року.}$$

Таким чином, додаткові витрати на модернізацію окупаються менш ніж за один виробничий сезон, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованого технічного рішення.

Отримані результати свідчать, що модернізація обприскувача ОП-2000 є економічно доцільною. Незважаючи на збільшення початкової вартості машини на 30 тис. грн, удосконалена конструкція забезпечує зниження експлуатаційних витрат, підвищення якості внесення засобів захисту рослин та приріст урожайності ріпаку. Річний економічний ефект становить 880,6 тис. грн, а строк окупності додаткових вкладень не перевищує одного виробничого сезону.

ВИСНОВКИ

1. Ріпак є однією з провідних олійних культур України, яка має високу економічну ефективність і значний експортний потенціал. Аналіз останніх років свідчить про збереження значних посівних площ та стабільний попит на продукцію ріпаківництва. Встановлено, що врожайність ріпаку значною мірою залежить від технології вирощування, зокрема від системи обробітку ґрунту. Рациональний обробіток сприяє накопиченню вологи, покращенню фізичних властивостей ґрунту, розвитку кореневої системи та ефективному використанню поживних речовин. Сучасні системи мінімального та комбінованого обробітку дозволяють зменшити енергетичні витрати, зберегти родючість ґрунтів і забезпечити формування високого врожаю. Вибір технології повинен враховувати ґрунтово-кліматичні умови та ресурсне забезпечення господарства. Таким чином, підвищення продуктивності ріпаку досягається завдяки комплексному вдосконаленню технології вирощування, своєчасному виконанню агротехнічних заходів і застосуванню сучасної сільськогосподарської техніки.

2. У результаті виконання розділу розроблено план механізованих робіт для вирощування ріпаку на площі 500 га із застосуванням сучасних машинно-тракторних агрегатів. Проведені розрахунки підтвердили можливість своєчасного виконання всіх технологічних операцій відповідно до агротехнічних вимог. Найвищу продуктивність забезпечує внесення мінеральних добрив – 43,2 га/год, тоді як продуктивність модернізованого обприскувача ОП-2000 становить 17,28 га/год, що дозволяє ефективно виконувати захист посівів у оптимальні строки. Загальні витрати палива на вирощування ріпаку становлять 20350 л або 40,7 л/га, а трудові витрати – 506,8 люд.-год, або 1,01 люд.-год/га. Найбільш енергоємними операціями є основний обробіток ґрунту та збирання врожаю. Отже, розроблений план забезпечує ефективне використання технічних засобів, комплексну механізацію виробництва ріпаку та створює умови для отримання врожайності на рівні 3,0–3,5 т/га.

3. У результаті виконання розділу проведено аналіз конструкції обприскувача ОП-2000 та встановлено, що основним недоліком є недостатня стабільність штанги під час руху агрегату, що негативно впливає на рівномірність внесення робочої рідини. Для усунення цього недоліку запропоновано модернізацію підвіски штанги шляхом впровадження маятникової системи стабілізації з гідравлічно-тросовим підвісом та амортизувальними елементами. Це дозволяє зменшити коливання штанги та покращити якість обприскування. У ході проєктування виконано розрахунок параметрів гідравлічної системи, тросового підвісу та перевірку міцності штанги. Встановлено, що необхідна потужність приводу гідронасоса становить 3,44 кВт, а коефіцієнт запасу міцності штанги дорівнює 4,3, що підтверджує надійність конструкції.

4. Розроблена операційно-технологічна карта дозволяє раціонально організувати процес обприскування посівів ріпаку, забезпечити високу якість внесення засобів захисту рослин та максимально реалізувати переваги модернізованого обприскувача ОП-2000.

5. Дотримання вимог охорони праці, використання справної техніки, сучасних засобів індивідуального захисту та екологічно безпечних технологій обприскування забезпечує безпечні умови праці персоналу, ефективне виконання технологічного процесу та мінімізацію негативного впливу на навколишнє природне середовище.

6. Порівняльна техніко-економічна оцінка показала, що модернізований обприскувач ОП-2000, незважаючи на збільшення вартості на 30 тис. грн, має кращі експлуатаційні показники порівняно з базовою моделлю. Продуктивність агрегату зросла з 17,28 до 18,0 га/год, витрати палива зменшилися з 1,8 до 1,7 л/га, а трудомісткість робіт скоротилася з 0,09 до 0,08 люд.-год/га. Завдяки підвищенню якості обприскування досягається річна економія засобів захисту рослин у розмірі 135 тис. грн та додатковий дохід від приросту врожайності 736 тис. грн. Загальний річний економічний ефект становить 880,6 тис. грн, а строк окупності додаткових капіталовкладень не перевищує 0,1 року, що підтверджує високу економічну доцільність впровадження модернізованої конструкції.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Бойко В. Б., Улексін В. О., Золотовська О. В., Лепеть Є. І., Бойко Б. В. Проєкт мехатронної системи експериментальної гідропневматичної сівалки // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2023. Т. 23, № 2. С. 99–112.
2. Буділка Г. І., Журавель В. М., Комарова І. Б., Левченко В. І. Порівняльна характеристика гірчично-ріпаківих гібридів та їх батьківських компонентів за біохімічними показниками // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2022. № 32. С. 44–51.
3. Вишнівський П. Ефективність систем захисту та удобрення в технології вирощування ріпаку ярого // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2022. № 33. С. 88–98.
4. Волик Б. А., Кобець О. М., Лепеть Є. І. Обґрунтування конструкції і результати польових досліджень дискатора ДСМ-АГД-2,4 // Modern ways of solving the problems of science in the world : Abstracts of the VI International Scientific and Practical Conference. Warsaw, 2023. P. 390–394.
5. Волик Б. А., Лепеть Є. І., Матвієнко М. А. Аналіз польових досліджень борони дискової ДСМ АГД-2,4 // Сучасні проблеми землеробської механіки : матеріали XXIII Міжнародної наукової конференції. Київ–Житомир, 2022. С. 96–98.
6. Волик Б. А., Лепеть Є. І., Теслюк Ю. В. Техніко-економічне обґрунтування показників якості кришення ґрунту в умовах проведення експериментальних досліджень // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2022. Т. 12, № 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-1.
7. Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновий А. В., Лепеть Є. І. Аналітичний огляд методів моделювання засобів механізації обробітку ґрунту // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2023. Т. 13, № 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-2.

8. Гайдаш Є., Кузьменко О., Белка О. Основні олійні культури в реєстрі сортів рослин України // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2023. № 35. С. 115–126.
9. Глухова Н. А., Єгоров Д. К. Форми ріпаку озимого (*Brassica napus* L.), схильні до апоміксису: біологічні та господарські особливості // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2023. № 35. С. 6–18.
10. Калінова М. Г., Сенік Р. В., Таранець Т. О. Вплив добору холодостійких генотипів ріпаку озимого на ранніх стадіях онтогенезу на кількісні та якісні ознаки рослин // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2023. № 35. С. 29–39.
11. Калінова М. Г., Таранець Т. О. Порівняльна оцінка теплостійкості сортів і гібридів ріпаку озимого на мікрогаметофітному рівні // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2024. № 37. С. 6–13. DOI: 10.36710/IOC-2024-37-01.
12. Калінова М. Г., Таранець Т. О. Вплив кліматичних умов вегетації на біохімічні та морфологічні показники гібридів ріпаку озимого // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2025. № 39. С. 65–73. DOI: 10.36710/IOC-2025-39-06.
13. Калінова М., Комарова І., Сенік Р. Лабораторний спосіб оцінки холодостійкості озимого ріпаку // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2022. № 33. С. 19–27.
14. Кобець О. М., Лепеть Є. І. Аналіз способів внесення рідких мінеральних добрив // Наукові основи адаптивного землеробства : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 373–374.
15. Кобець О. М., Лепеть Є. І. Вибір розбризкувачів для внесення КАС // Сучасні проблеми землеробської механіки : збірник тез доповідей XXV Міжнародної наукової конференції. Київ, 2024. С. 81–84.

16. Кобець О. М., Пономаренко Н. О., Лепеть Є. І. Стан механізації внесення КАС в Україні // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2024. Вип. 54. С. 77–83.
17. Курач О. В. Вплив систем удобрення на продуктивність ріпаку озимого // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2022. № 32. С. 63–72.
18. Курач О. В., Першута В. В., Андрощук О. О. Удосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Західного Полісся // Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2024. № 36. С. 105–116. DOI: 10.36710/IOC-2024-36-09.
19. Лепеть Є. І. Загальні принципи адаптації геометричної моделі біологічного аналогу до роботи в умовах ґрунтового середовища // Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпро, 2022. Ч. 1. С. 102–103.
20. Лепеть Є. І. Обґрунтування конструкції комбінованого розбризкувача для внесення КАС // Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу : збірник тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених. Дніпро : ДДАЕУ, 2024. С. 56–58.

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Удосконалення використання техніки при вирощуванні ріпаку з модернізацією конструкції обприскувача

Демонстраційний матеріал до дипломного проекту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Березіна Єлизавета Андріївна

Керівник: к.т.н., доцент

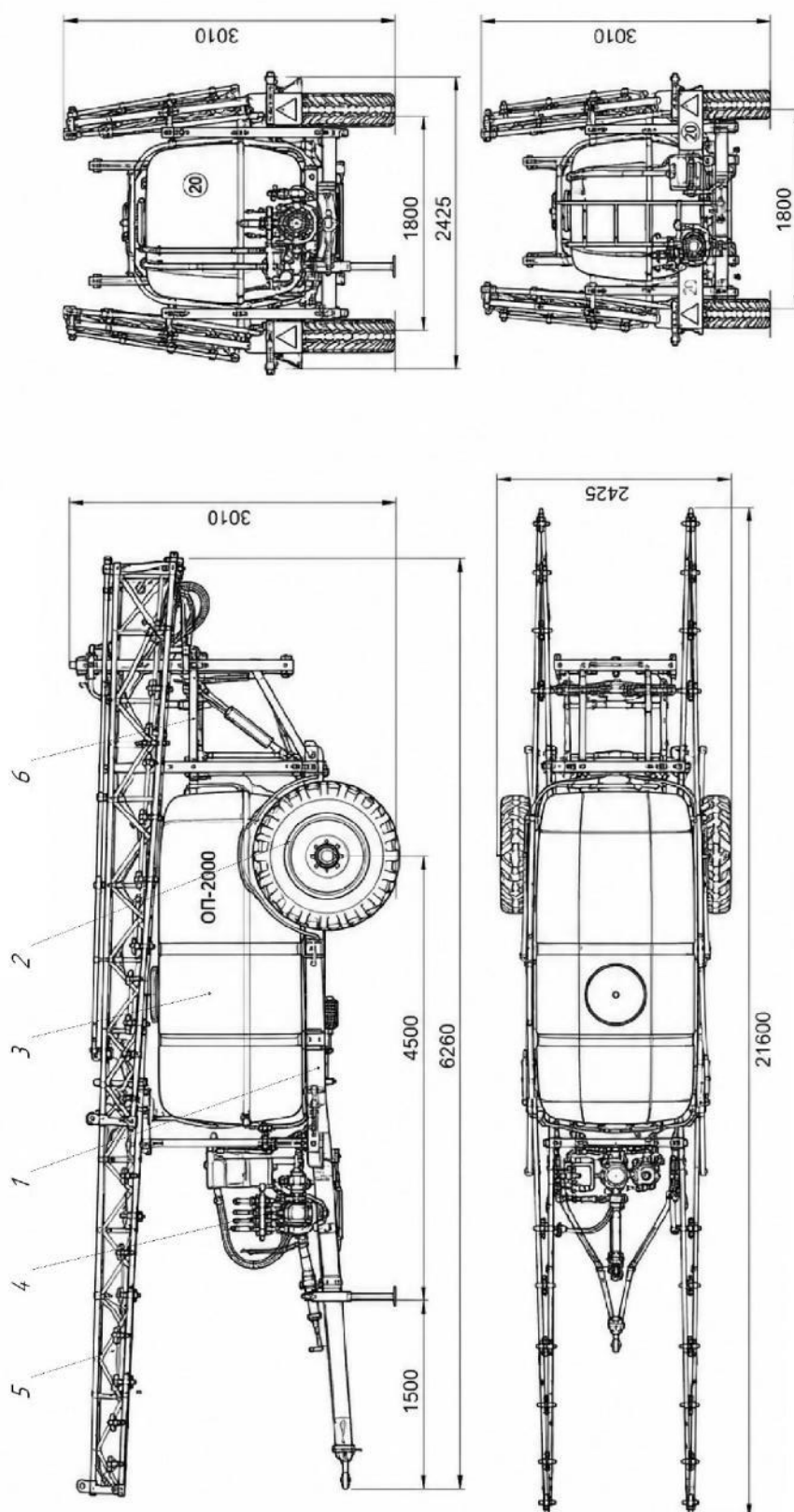
Макаренко Дмитро Олександрович

Дніпро, 2026

СТАН ВИРОБНИЦТВА РІПАКУ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

48117.040000.000014



[illegible]

ПРОЦЕДУРА НА ПОВТОРНО ПОСРЕДСТВО

Высота среднего слоя - 2000 м
 Высота среднего заледнения шпигеля - 216 м
 Высота разуплотнения - 43 м
 Толщина слоя и толщина - 0,5 м/м
 Прогнозируемая масса - 200-250 т/м
 Расчетная температура льда - 6-12 м/год
 Транспортировка шпигеля - до 10 м/год
 Расчетная температура - не менее 500 мм
 Высота - 1900 мм
 Конструктивная масса - больше 500 кг
 Расчетная температура - 1000 мм

[illegible]

4817040000.0001E

Показник	Базовий ОП-2000	Модернізований ОП-2000
Вартість машини, грн	400000	430000
Ширина захвату, м	21,6	21,6
Продуктивність, га/год	17,28	18,00
Витрата палива, л/га	1,8	1,7
Річні витрати палива, л	3600	3400
Трудомісткість, люд.-год/га	0,09	0,08
Річні трудові витрати, люд.-год	180	160
Амортизаційні відрахування, грн/рік	40000	43000
Витрати на ТО і ремонт, грн/рік	32000	34400
Економія ЗЗР, грн/рік	—	135000
Додатковий дохід від приросту врожаю, грн/рік	—	736000
Річний економічний ефект, грн	—	880600
Додаткові капіталовкладення, грн	—	30000
Строк окупності, років	—	0,1

[illegible]