

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Олізаровський Іван Олександрович

УДК 631.348:633.16

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення комплексу машин для вирощування ярого
ячменю з модернізацією обприскувача**

208 “Агроінженерія”

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

Керівник роботи

Дерев’янка Д.А.

доктор технічних наук, професор

АНОТАЦІЯ

Олізаровський Іван Олександрович. Удосконалення комплексу машин для вирощування ярого ячменю з модернізацією обприскувача. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування ярого ячменю з модернізацією обприскувача. Проаналізовано сучасні технології вирощування ячменю в Україні та світі, стан посівних площ, рівень механізації та перспективи роботизації виробничих процесів. Обґрунтовано технологію вирощування ярого ячменю в умовах Житомирської області з урахуванням ґрунтово-кліматичних особливостей регіону. Складено технологічну карту вирощування культури та підібрано сучасний комплекс машин для виконання основних польових операцій. Особливу увагу приділено операції хімічного захисту рослин, яка виконується модернізованим обприскувачем ОП-2500-18. Запропонована модернізація спрямована на підвищення рівномірності розподілу робочої рідини, зменшення втрат препаратів і покращення якості обприскування. Виконано конструктивні розрахунки елементів обприскувача та техніко-економічне обґрунтування прийнятих проєктних рішень. Встановлено, що впровадження запропонованої технології та модернізованого обприскувача сприяє підвищенню врожайності, зниженню собівартості продукції та зростанню економічної ефективності вирощування ярого ячменю.

Ключові слова: рий ячмінь, комплекс машин, обприскувач, модернізація, технологія вирощування, механізація, економічна ефективність.

ANNOTATION

Ivan Oleksandrovych Olizarovskyi. Improvements to a set of machines for growing spring barley, including the modernisation of a sprayer. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This thesis examines the improvement of a range of machinery for growing spring barley, including the modernisation of a sprayer. It analyses current barley cultivation technologies in Ukraine and worldwide, the status of cultivated areas, the level of mechanisation, and the prospects for the automation of production processes. The technology for growing spring barley in the Zhytomyr region is substantiated, taking into account the region's soil and climatic characteristics. A technological chart for growing the crop has been drawn up, and a modern set of machinery has been selected to carry out the main field operations. Particular attention has been paid to the plant protection operation, which is carried out using a modernised OP-2500-18 sprayer. The proposed modernisation is aimed at improving the uniformity of working fluid distribution, reducing pesticide losses and enhancing the quality of spraying. Structural calculations for the sprayer components have been carried out, and a technical and economic justification for the adopted design solutions has been provided. It has been established that the implementation of the proposed technology and the modernised sprayer contributes to increased yields, reduced production costs and improved economic efficiency in the cultivation of spring barley.

Keywords: spring barley, machinery complex, sprayer, modernisation, cultivation technology, mechanisation, economic efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....	10
1.1 Значення ярого ячменю та вимоги культури до технології вирощування....	10
1.2 Світові тенденції вирощування ячменю.....	11
1.3 Аналіз посівів ячменю в Україні.....	12
1.4 Технології вирощування ячменю та комплекс машин.....	13
1.5 Стан механізації вирощування ячменю.....	14
1.6 Можливості роботизації процесів при вирощуванні ячменю.....	15
Висновки до розділу.....	16
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	17
2.1. Виробничо-природні умови вирощування ярого ячменю.....	17
2.2. Обґрунтування системи машин і технологічних прийомів.....	19
2.3. Агротехнічні вимоги до основних операцій.....	21
2.4. Технологічна карта вирощування ярого ячменю на площі 100 га.....	23
2.5. Розрахунок потреби в матеріальних ресурсах.....	25
2.6. Організація роботи агрегатів і контроль якості.....	27
2.7. Очікувані виробничі показники проектної технології.....	28
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	31
3.1 Об'єкт удосконалення.....	31
3.2 Обґрунтування необхідності модернізації обприскувача.....	33
3.3 Будова та принцип роботи розробленого розпилювача робочої рідини.....	34
3.4 Технологічне узгодження модернізованого обприскувача з комплексом машин для вирощування ярого ячменю.....	36
3.5 Призначення насоса та опис його конструкції.....	37
3.6 Розрахунок основних параметрів насоса.....	39
3.7 Оцінка очікуваного ефекту від модернізації.....	41
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ.....	43
4.1 Мета та вихідні умови економічної оцінки.....	43

4.2 Розрахунок виробничих витрат за проектною технологією.....	44
4.3 Економічний ефект від модернізації обприскувача.....	45
4.4 Оцінка капітальних вкладень і строку окупності.....	46
4.5 Аналіз беззбитковості та стійкості проекту.....	46
Висновки до розділу.....	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	1

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Ярий ячмінь є однією з важливих зернових культур, що має широке продовольче, кормове та технічне значення. Його зерно використовують у комбікормовій, харчовій і пивоварній промисловості, а також як цінну сировину для переробних підприємств. Завдяки короткому вегетаційному періоду, порівняно невисокій вимогливості до тепла та здатності формувати врожай у різних ґрунтово-кліматичних умовах ярий ячмінь займає важливе місце у структурі зернового виробництва України.

Вирощування ярого ячменю потребує чіткого дотримання агротехнічних строків, особливо під час ранньовесняного обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, догляду за посівами та збирання врожаю. Несвоєчасне або неякісне виконання хоча б однієї технологічної операції може призвести до зниження польової схожості насіння, погіршення розвитку рослин, посилення забур'яненості, поширення хвороб і шкідників, а в кінцевому результаті – до зменшення врожайності та економічної ефективності виробництва.

В умовах сучасного аграрного виробництва особливого значення набуває раціональне використання машинно-тракторного парку. Ефективність вирощування ярого ячменю значною мірою залежить від правильного підбору комплексу машин, узгодження їх продуктивності з агротехнічними строками виконання робіт, зменшення витрат пального, робочого часу та експлуатаційних витрат. Використання сучасних тракторів, ґрунтообробних агрегатів, сівалок, обприскувачів і зернозбиральних комбайнів дає змогу підвищити продуктивність праці, зменшити втрати врожаю та забезпечити стабільну якість виконання технологічних операцій.

Однією з найважливіших операцій у технології вирощування ярого ячменю є хімічний захист рослин. Культура має короткий період вегетації, тому бур'яни, хвороби та шкідники можуть швидко знижувати її продуктивність. Ефективність застосування гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів і мікродобрив залежить не лише від правильного вибору препаратів, а й від якості їх внесення.

Обприскувач повинен забезпечувати рівномірний розподіл робочої рідини по ширині захвату, стабільну норму внесення, необхідну дисперсність крапель і мінімальні втрати препарату внаслідок знесення або нерівномірного покриття рослин.

Недосконалість окремих елементів обприскувачів може спричиняти перевитрату робочої рідини, нерівномірне нанесення препаратів, зниження ефективності захисту рослин і збільшення собівартості продукції. Тому модернізація обприскувача є актуальним напрямом удосконалення технології вирощування ярого ячменю. Застосування удосконаленого розпилювального пристрою дозволяє покращити якість обприскування, підвищити рівномірність покриття рослин, зменшити втрати засобів захисту та підвищити загальну ефективність використання машинного агрегату.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності механізованого вирощування ярого ячменю шляхом удосконалення комплексу машин і модернізації обприскувача, який використовується для виконання операцій із захисту рослин та позакореневого підживлення. Це дає змогу забезпечити своєчасне виконання польових робіт, зменшити витрати матеріальних ресурсів, підвищити врожайність культури та покращити економічні показники виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення комплексу машин для вирощування ярого ячменю в умовах Житомирської області з модернізацією обприскувача для підвищення якості хімічного захисту рослин та ефективності виробництва.

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

- проаналізувати сучасний стан технологій вирощування ячменю в Україні та світі;
- дослідити посівні площі, виробниче значення культури та основні тенденції розвитку ячменярства;
- розглянути стан механізації вирощування ярого ячменю та можливості впровадження елементів точного землеробства і роботизації;

- обґрунтувати технологію вирощування ярого ячменю в умовах Житомирської області;
- підібрати раціональний комплекс сучасних машин для виконання основних технологічних операцій;
- розробити технологічну карту вирощування ярого ячменю;
- виконати конструктивне удосконалення обприскувача ОП-2500-18;
- провести розрахунок основних параметрів модернізованого вузла та елементів системи подачі робочої рідини;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованих проєктних рішень.

Об’єктом дослідження є технологічний процес механізованого вирощування ярого ячменю.

Предметом дослідження є комплекс машин для вирощування ярого ячменю та конструктивні параметри модернізованого обприскувача, що впливають на якість виконання операцій із захисту рослин.

Методи дослідження включають аналіз науково-технічної літератури, порівняння існуючих технологій вирощування ячменю, розрахунково-аналітичний метод для визначення параметрів машинно-тракторних агрегатів, конструктивні розрахунки елементів обприскувача, а також техніко-економічне оцінювання ефективності запропонованих рішень.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Дерев’янка Дмитро, Олізаровський Іван, Пивовар Олександр Технологія вирощування ячменю ярого в зоні полісся. Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті : зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2026 року. [Електронне видання]. –Рівне : НУВГП, 2026.С. 258-260.

2. Дерев’янка Д.А., Олізаровський І.О., Сорока Б.А. Перспективні способи обприскування сільськогосподарських культур. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і

знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 122-125.

Практичне значення роботи полягає в розробленні технології вирощування ярого ячменю для умов Житомирської області, підборі раціонального комплексу машин і модернізації обприскувача, що може бути використано в аграрних підприємствах для підвищення продуктивності праці, зменшення витрат пального та робочої рідини, покращення якості хімічного захисту рослин і збільшення прибутковості виробництва.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 36 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 54 сторінки комп'ютерного тексту, містить 10 рисунків, 20 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

1.1 Значення ярого ячменю та вимоги культури до технології вирощування

Ячмінь належить до найважливіших зернофуражних культур і використовується для виробництва комбікормів, круп, солоду та як сировина для переробної промисловості. Для України культура має практичне значення завдяки короткому вегетаційному періоду, можливості розміщення після різних попередників і порівняно високій пристосованості до умов Лісостепу та Степу. У кваліфікаційній роботі основну увагу приділено ярому ячменю, оскільки саме він значною мірою залежить від своєчасного передпосівного обробітку ґрунту, якісної сівби, захисту рослин і збирання у стислі строки.

Технологія вирощування ярого ячменю повинна забезпечувати рівномірні сходи, достатнє кушення, захист посівів від бур'янів, хвороб і шкідників, а також мінімальні втрати під час збирання. Особливу роль відіграє обприскування, бо саме через нього виконують внесення гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів, мікродобрив і регуляторів росту. Тому удосконалення комплексу машин для вирощування ярого ячменю доцільно пов'язувати з підвищенням точності та рівномірності роботи обприскувача.

Таблиця 1.1 – Основні технологічні операції вирощування ярого ячменю

Технологічний етап	Основна мета	Типові машини та агрегати
Основний обробіток ґрунту	Накопичення вологи, загортання решток, вирівнювання фону поля	плуги, дискові борони, глибокорозпушувачі, агрегати мінімального обробітку
Передпосівна підготовка	Створення дрібногрудкуватого посівного шару та вирівнювання поля	культиватори, комбіновані передпосівні агрегати, котки
Сівба	Рівномірне розміщення насіння на заданій глибині	зернові та пневматичні сівалки, посівні комплекси
Догляд за посівами	Знищення бур'янів, контроль хвороб і шкідників, підживлення	штангові обприскувачі, розкидачі добрив, агрегати точного внесення
Збирання	Одержання зерна з мінімальними втратами та пошкодженням	зернозбиральні комбайни, жатки, транспортні засоби

1.2 Світові тенденції вирощування ячменю

У світовому землеробстві ячмінь стабільно входить до групи основних зернових культур. За даними FAOSTAT, для ячменю обліковуються площа збирання, урожайність і валовий збір, що дозволяє порівнювати країни та оцінювати зміну ролі культури у структурі зернового виробництва. У 2021–2024 рр. світове виробництво коливалося приблизно в межах 141–151 млн т. Такі зміни пояснюються погодними умовами, структурою посівів, попитом на фуражне зерно і солодовий ячмінь, а також економічною доцільністю вирощування культури.

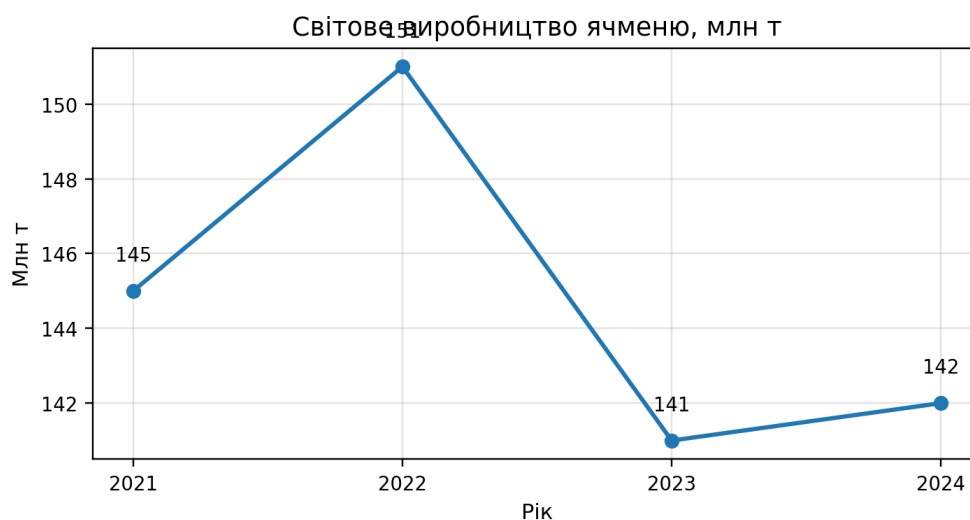


Рис. 1.1. Динаміка світового виробництва ячменю у 2021–2024 рр., млн т

Найбільші площі й валові збори ячменю зосереджені у країнах із розвиненим зерновим виробництвом, високим попитом на кормове зерно та потужною переробкою. До провідних виробників належать Росія, Австралія, Франція, Німеччина, Канада, Туреччина, Велика Британія, Іспанія, Україна та Аргентина. Україна зберігає місце серед помітних виробників, однак її показники останніми роками істотно залежать від воєнних ризиків, логістики, доступності ресурсів і стану технічного забезпечення господарств.



Рис. 1.2. Найбільші виробники ячменю у світі, 2022 р., млн т

1.3 Аналіз посівів ячменю в Україні

В Україні ячмінь вирощують у всіх природно-кліматичних зонах, однак найбільш поширеним він є у Степу та Лісостепу. Культура займає важливе місце у структурі ярих зернових, бо може забезпечити відносно ранній урожай, використовується у тваринництві та має експортне значення. На прогноз 2025 року Мінагрополітики оцінило площу ярого ячменю на рівні 790,2 тис. га. Для порівняння, площа кукурудзи на зерно у структурі ярих зернових прогнозувалася значно більшою – 4145,5 тис. га, що свідчить про різну економічну привабливість культур і різні вимоги до ресурсного забезпечення.

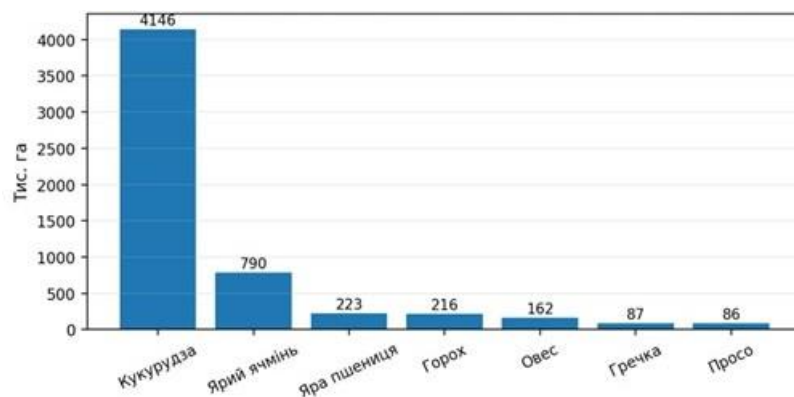


Рис. 1.3. Прогнозована структура посівів ярих зернових культур в Україні у 2026 р., тис. га

Порівняно з довоєнним періодом площі під зерновими культурами в Україні зазнали змін через мінування, порушення логістики, дефіцит обігових коштів і втрату частини техніки. Для ярого ячменю це означає необхідність точного планування строків робіт і застосування універсальних машинно-тракторних агрегатів. У регіонах, де господарства мають достатній парк тракторів, сівалок, обприскувачів і комбайнів, культура залишається технологічно зручною для вирощування.

Таблиця 1.2 – Окремі показники вирощування ячменю в Україні

Показник	Значення	Характеристика
Площа ярого ячменю, 2025 р.	839,3 тис. га	за статистичними даними щодо фактичних посівів
Прогноз площі ярого ячменю, 2026 р.	790,2 тис. га	одна з основних культур у групі ярих зернових
Площа озимого ячменю, 2025 р.	0,47 млн га	доповнює виробництво зерна ячменю
Прогноз виробництва ячменю, 2026 р.	4,9 млн т	залежить від урожайності, площі та погодних умов
Оцінка виробництва ячменю, 2026 р.	близько 5,2 млн т	показник формується за умови збереження посівів і ресурсного забезпечення

1.4 Технології вирощування ячменю та комплекс машин

У виробничій практиці застосовують традиційну, мінімальну та ґрунтозахисну технології вирощування ярого ячменю. Традиційна система передбачає оранку або глибокий обробіток, передпосівну культивуацію, сівбу, догляд і пряме комбайнування. Мінімальний обробіток зменшує кількість проходів техніки, економить паливе та краще зберігає вологу. Ґрунтозахисні системи доцільні на полях, де важливо зменшити ерозію та ущільнення ґрунту, але вони потребують якіснішого контролю бур'янів і точнішого внесення засобів захисту рослин.

Рациональний комплекс машин для ярого ячменю має включати трактори відповідного тягового класу, агрегати для обробітку ґрунту, зернові сівалки, машини для внесення добрив, обприскувачі, зернозбиральні комбайни та транспортні засоби. Для теми даної роботи ключовим елементом є обприскувач, оскільки від стабільності його роботи залежить рівномірність

розподілу робочої рідини, біологічна ефективність препаратів і зменшення перевитрат пестицидів.

Таблиця 1.3 – Комплекс машин для механізованого вирощування ярого ячменю

Операція	Машини	Вимоги до роботи
Підготовка ґрунту	трактор, плуг або дискова борода, культиватор	рівна поверхня поля, збереження вологості, відсутність великих грудок
Сівба	трактор із зерновою сіялкою або посівним комплексом	стала глибина загортання, рівномірна норма висіву
Внесення добрив	розкидачі мінеральних добрив, машини для рідких форм	точність дози, рівномірність розподілу по ширині захвату
Хімічний захист	штанговий обприскувач	стабільний тиск, якісний розпил, мінімальний знос препарату вітром
Збирання	зернозбиральний комбайн, транспорт	мінімальні втрати зерна, своєчасне вивезення врожаю

1.5 Стан механізації вирощування ячменю

Вирощування ячменю в Україні загалом є механізованим процесом: основні операції виконуються машинно-тракторними агрегатами, а ручна праця обмежена контролем, налагодженням і обслуговуванням техніки. Разом з тим технічний стан парку нерівномірний. Частина підприємств використовує сучасні трактори, сіялки, обприскувачі з GPS-навігацією та комбайни з бортовими системами контролю, а частина господарств працює із застарілою технікою, що підвищує витрати пального і ризик порушення строків польових робіт.

За оцінками фахових джерел, у 2024 році парк основних машин у сільськогосподарських підприємствах був меншим, ніж у 2021 році: тракторів – приблизно на 22 %, зернозбиральних комбайнів – на 13,5 %, плугів – на 12 %. Це посилює потребу у правильному підборі машин, підвищенні продуктивності агрегатів і модернізації наявного обладнання. Для обприскувача перспективними напрямками є стабілізація штанги, поліпшення якості розпилення, використання фільтрації, контроль тиску та можливість диференційованого внесення робочої рідини.

1.6 Можливості роботизації процесів при вирощуванні ячменю

Роботизація у виробництві ярого ячменю може розвиватися поступово: від систем точного землеробства до частково або повністю автономних агрегатів. Уже сьогодні реальними є автопілоти тракторів, GPS-навігація, карти урожайності, диференційоване внесення добрив, дрони для моніторингу посівів, датчики висоти штанги, автоматичне відключення секцій обприскувача та дистанційний контроль роботи техніки. Такі рішення зменшують перекриття, економлять препарати й паливо, підвищують якість технологічних операцій.

Повна роботизація польових робіт стримується високою вартістю техніки, потребою у стабільному зв'язку, сервісному обслуговуванні, цифрових картах полів і підготовленому персоналі. Однак автономні трактори та самохідні платформи вже демонструють можливість виконання польових операцій за маршрутом із контролем перешкод. Для ярого ячменю найближчими напрямками роботизації є автоматизована сівба, обприскування з керуванням секціями, дрон-моніторинг стану посівів і збирання із системами контролю втрат.

Таблиця 1.4 – Перспективи роботизації технологічних процесів при вирощуванні ярого ячменю

Процес	Можливий рівень роботизації	Очікуваний ефект
Обстеження поля	дрони, супутникові знімки, датчики NDVI	раннє виявлення стресу, бур'янів і хвороб
Обробіток ґрунту	автопілот трактора, контроль проходів	менше перекриттів, рівномірніша якість обробітку
Сівба	сівалки з електроприводом, дозаторів і GPS-контролем	точніша норма висіву та менша витрата насіння
Обприскування	відключення секцій, датчики висоти штанги, карти-завдання	економія робочої рідини, краща рівномірність покриття
Збирання	системи контролю втрат, автопілот комбайна	зменшення втрат зерна і простоїв

Висновки до розділу

Аналіз технологій вирощування ячменю показує, що культура зберігає важливе місце у світовому та українському зерновому виробництві. У світі валовий збір ячменю коливається залежно від погодних умов і структури попиту, а серед провідних виробників стабільно присутні країни Європи, Австралія, Канада, Росія та Україна. В Україні площі ярого ячменю залишаються значними, хоча воєнні умови, логістика та забезпеченість ресурсами впливають на їх динаміку.

Встановлено, що вирощування ярого ячменю практично повністю механізоване, але ефективність технології залежить від стану машинно-тракторного парку та правильного комплектування агрегатів. Особливо важливим є обприскувач, який забезпечує хімічний захист посівів і внесення рідких препаратів. Тому модернізація обприскувача є обґрунтованим напрямом удосконалення комплексу машин для вирощування ярого ячменю.

Роботизація процесів вирощування ячменю є перспективною, насамперед у вигляді точного землеробства, GPS-навігації, автоматичного керування секціями, дрон-моніторингу та цифрового планування робіт. Її впровадження дає змогу скорочувати витрати ресурсів, підвищувати якість обприскування, зменшувати вплив людського фактора і створювати передумови для переходу до більш продуктивного та екологічно безпечного аграрного виробництва.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Виробничо-природні умови вирощування ярого ячменю

Проектування технології вирощування ярого ячменю доцільно виконувати з урахуванням природно-кліматичних умов Житомирської області, структури ґрунтового покриву, забезпеченості господарства технікою та вимог культури до строків виконання основних польових операцій. Ярий ячмінь належить до ранніх ярих зернових культур, тому найбільше значення для формування врожаю мають раннє закриття вологи, якісна підготовка посівного ложа, сівба в оптимально ранні строки, своєчасний захист від бур'янів, хвороб і шкідників, а також збирання без втрат у період повної стиглості зерна.

Житомирська область розміщена на межі Полісся і Лісостепу. Для регіону характерний помірно континентальний клімат із достатнім зволоженням, теплим літом і порівняно м'якою зимою. Середньорічна кількість опадів у північній частині області становить близько 600 мм, у південній – близько 570 мм, найбільша їх частина припадає на теплий період року. Такі умови загалом сприятливі для ярого ячменю, однак у весняний період можливі затримки з виходом техніки в поле через перезволоження ґрунту. Тому технологія повинна передбачати скорочення кількості проходів агрегатів, використання широкозахватної техніки та чітке планування строків робіт.

Ґрунтовий покрив області неоднорідний. На Поліссі поширені дерново-підзолисті та супіщані ґрунти, які мають порівняно невисокий уміст гумусу, кислу реакцію ґрунтового розчину й потребують систематичного внесення органічних і мінеральних добрив, а також періодичного вапнування. У південній частині області більше значення мають сірі лісові ґрунти та чорноземні різновиди, що відзначаються вищою природною родючістю. Для одержання стабільної врожайності ярого ячменю на рівні 4,0-5,0 т/га необхідно

забезпечити збалансоване живлення, оптимальну кислотність ґрунту та якісне загортання насіння на однакову глибину.

Таблиця 2.1 – Агрокліматичні та ґрунтові умови проектування технології

Показник	Значення для Житомирської області	Вплив на технологію
Природно-кліматична зона	Полісся та північний Лісостеп	визначає достатнє зволоження і строкатість ґрунтів
Клімат	помірно континентальний	сприятливий для ранніх ярих культур
Середня температура січня	-5,7 °С	характеризує умови перезимівлі попередників
Середня температура липня	+18,9 °С	сприяє досягненню ячменю у липні
Річна кількість опадів	570-600 мм	можливе перезволоження навесні та нерівномірність опадів улітку
Період із температурою понад +10 °С	близько 158 днів	достатній для повного циклу розвитку ярого ячменю
Переважають ґрунти	дерново-підзолисті, сірі лісові	потребують удобрення, вапнування та раціонального обробітку

Для подальших розрахунків приймаємо площу посіву ярого ячменю 100 га. Така площа є зручною для порівняння продуктивності агрегатів, визначення потреби в насінні, добривах, засобах захисту рослин, паливі та робочому часі. Запроектована технологія орієнтована на інтенсивний, але ресурсозберігаючий варіант вирощування, за якого операції виконуються сучасними агрегатами з підвищеною продуктивністю і зменшеною кількістю проходів по полю.

Таблиця 2.2 – Основні вихідні дані для проектування технології

Проектний показник	Прийняте значення
Площа проектування	100 га
Запланована врожайність	4,5 т/га
Валовий збір зерна	450 т
Попередник	зернобобові, картопля, кукурудза на силос або озима пшениця після внесення добрив
Спосіб сівби	звичайний рядковий, міжряддя 12,5-15 см
Норма висіву	4,0-5,0 млн схожих зерен/га, у розрахунку прийнято 190 кг/га
Глибина загортання насіння	3-5 см, на легких ґрунтах до 5-6 см
Система захисту	гербіцидний, фунгіцидний та інсектицидний захист модернізованим ОП-2500-18
Строк збирання	липень, фаза повної стиглості зерна

2.2. Обґрунтування системи машин і технологічних прийомів

Комплекс машин для вирощування ярого ячменю повинен забезпечувати виконання всіх операцій у стислі агротехнічні строки. Найбільше навантаження припадає на ранньовесняний період, коли необхідно закрити вологу, внести мінеральні добрива, підготувати посівне ложе і провести сівбу. Для зменшення тривалості робіт у проекті передбачено застосування енергонасиченого трактора класу 3-4, широкозахватної ґрунтообробної техніки та пневматичної сівалки, здатної працювати після традиційного або мінімізованого обробітку.

Система обробітку ґрунту обирається залежно від попередника, забур'яненості поля, вологості та гранулометричного складу ґрунту. Після стерньових попередників доцільно провести лущення стерні дисковою бороною на глибину 8-10 см для провокації сходів бур'янів і перемішування рослинних решток. Основний обробіток на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах може виконуватися оранкою на 20-22 см або глибоким безполицевим розпушуванням. У проектній технології як базовий варіант прийнято оранку з подальшим ранньовесняним боронуванням і передпосівною культивацією.

Для сівби приймається сучасна пневматична сівалка KUHN ESPRO 6000 RC із робочою шириною 6 м, що дає змогу поєднувати якісне розміщення насіння з високою добовою продуктивністю. Сівба повинна виконуватися в оптимально ранні строки, коли верхній шар ґрунту фізично стиглий, а температура на глибині загортання насіння становить близько 3-5 °С. Запізнення із сівбою знижує використання весняної вологи та може призвести до зменшення продуктивного кущення.

Особливу роль у проектованому комплексі машин відіграє обприскувач ОП-2500-18, який розглянуто і модернізовано у третьому розділі роботи. Для технології вирощування ярого ячменю він використовується під час гербіцидного, фунгіцидного, інсектицидного та позакореневого обробітку посівів. Базові параметри агрегату: місткість бака 2500 л, ширина захвату штанги 18 м, робота з водними розчинами, емульсіями і суспензіями препаратів. Модернізація розпилювального органа спрямована на підвищення

рівномірності факела, стабілізацію дальності польоту крапель і зменшення втрат робочої рідини за рахунок більш керованого формування краплинного потоку.

Таблиця 2.3 – Запроектований комплекс сучасних машин для вирощування ярого ячменю

Група машин	Марка	Основні параметри	Призначення в технології
Трактор енергонасичений	John Deere 6195M	195 к.с.; привід 4x4; ВВП 540/1000 об/хв	основний енергозасіб для широкозахватних агрегатів
Дискова борона	LEMKEN Rubin 10/600	робоча ширина 6 м; диски великого діаметра	лушення стерні, подрібнення решток
Плуг оборотний	LEMKEN Juwel 8	5-6 корпусів; робоча глибина до 30 см	основний обробіток ґрунту
Розкидач добрив	AMAZONE ZA-TS 3200	робоча ширина до 24-36 м у проекті	внесення мінеральних добрив
Передпосівний культиватор	Köckerling Allrounder 600	ширина 6 м; робота 4-10 см	вирівнювання і передпосівна підготовка
Сівалка зернова	KUHN ESPRO 6000 RC	ширина 6 м; пневматичний висів; ISOBUS	сівба ярого ячменю
Котки	Cambridge 12 м	ширина 12 м	ущільнення верхнього шару ґрунту після сівби
Обприскувач	модернізований ОП-2500-18	бак 2500 л; штанга 18 м; модернізований розпилювач	захист рослин та позакореневе підживлення
Комбайн	CLAAS LEXION 670	жатка 7,6 м; бункер близько 10-11 м³	пряме збирання зерна
Транспорт	2ПТС-10 / вантажний автомобіль	вантажопідйомність 10-20 т	вивезення зерна з поля

Перевагою такого комплексу є сумісність машин за тяговим класом, можливість виконання більшості операцій одним основним трактором, висока продуктивність на весняних роботах і зменшення простоїв. Для малих і середніх господарств допускається заміна окремих імпорتنих агрегатів вітчизняними аналогами за умови збереження ширини захвату, якості виконання операцій та своєчасності робіт.

З рисунка 2.1 видно, що найвищу продуктивність мають агрегати для розкидання добрив, закриття вологи та обприскування. Найменшу продуктивність має основний обробіток ґрунту, тому його необхідно виконувати восени, не допускаючи перенесення цієї операції на весняний

період. Сівба є критичною операцією за строками, тому застосування шестиметрової сівалки дає змогу засіяти проектну площу за 2-3 робочі дні.

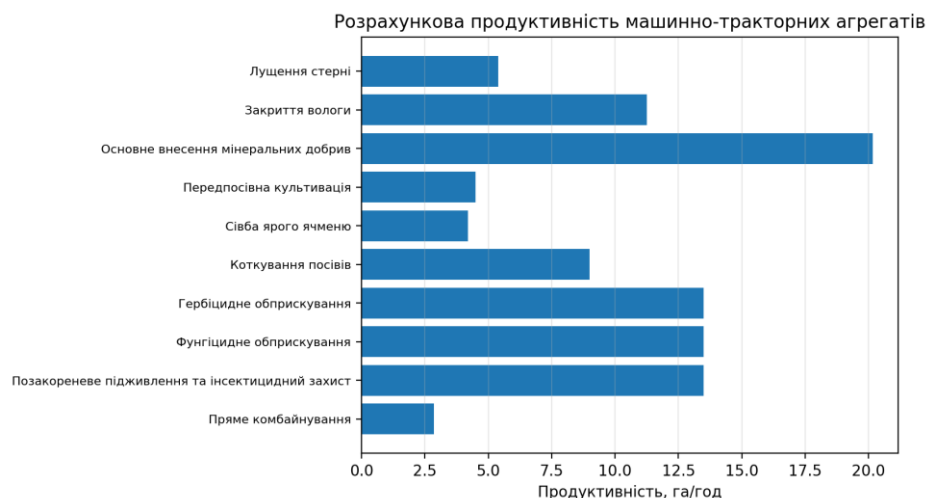


Рис. 2.1. Порівняння продуктивності основних агрегатів у технології.

2.3. Агротехнічні вимоги до основних операцій

Під час лущення стерні необхідно забезпечити рівномірне підрізання рослинних решток і бур'янів по всій ширині захвату. Глибина обробітку 8-10 см є достатньою для перемішування пожнивних решток і провокації проростання падалиці. На полях із високою забур'яненістю після появи сходів бур'янів можливе повторне дискування або хімічне знищення бур'янів до основного обробітку.

Основний обробіток ґрунту в умовах Житомирської області повинен виконуватися з урахуванням ризику переущільнення і перезволоження. На важчих сірих лісових ґрунтах ефективною є оранка на 20-22 см із вирівнюванням гребенистості. На легких дерново-підзолистих ґрунтах допускається безполицевий обробіток, який краще зберігає вологу і зменшує витрати пального. Вибір конкретного способу обробітку має базуватися на аналізі попередника, стану поля та наявності рослинних решток.

Система удобрення проектується під заплановану врожайність 4,5 т/га. Ячмінь має короткий період інтенсивного живлення, тому поживні речовини повинні бути доступними з ранніх фаз росту. Для господарств Житомирської

області важливо контролювати кислотність ґрунту, оскільки на кислих ґрунтах знижується доступність фосфору, погіршується розвиток кореневої системи та зростає ризик зріджених посівів. У проекті прийнято внесення комплексного добрива до сівби та азотного добрива в основне передпосівне внесення або частково у підживлення.

Сівба ярого ячменю має проводитися в перші дні фізичної стиглості ґрунту. Норма висіву 190 кг/га обрана як середнє значення для отримання густоти 4,0-5,0 млн схожих зерен на гектар із поправкою на масу 1000 зерен, лабораторну схожість і польову виживаність. Загущення посіву небажане для пивоварного напрямку використання, але для фуражного зерна в умовах Полісся підвищена норма висіву може компенсувати нижчу польову схожість на перезволожених або кислих ґрунтах.

Захист посівів повинен ґрунтуватися на моніторингу забур'яненості, розвитку хвороб і чисельності шкідників. На початку кущення проводять гербіцидне обприскування проти однорічних дводольних і злакових бур'янів. У фазі виходу в трубку та появи прапорцевого листка виконують фунгіцидний захист проти плямистостей листя, борошнистої роси та іржі. За потреби обприскування поєднують із мікродобривами, які містять мідь, марганець, цинк та інші елементи, важливі для зернових культур.

Таблиця 2.4 – Параметри використання модернізованого обприскувача ОП-2500-18

Показник	Значення	Технологічне значення
Місткість бака	2500 л	за норми 200 л/га один бак забезпечує обробку 12,5 га
Ширина захвату штанги	18 м	зменшує кількість проходів і ущільнення ґрунту
Робоча швидкість	8-10 км/год	прийнято 10 км/год за рівного поля
Розрахункова продуктивність	13,5 га/год	$W = 18 \cdot 10 \cdot 0,75 / 10$
Кількість заправок на 100 га	8 заправок	100 га / 12,5 га на бак
Кількість проходів у технології	3 обробки	гербіцидна, фунгіцидна, інсектицидна/мікродобрива
Очікуваний ефект модернізації	рівномірніше розпилення	краще покриття листової поверхні та менші втрати препарату

Використання модернізованого обприскувача в цій технології є логічним продовженням конструктивної розробки, виконаної у третьому розділі. Обприскувач із баком 2500 л і штангою 18 м може обробити проектну площу 100 га за одну робочу зміну за сприятливих умов. За три технологічні обприскування сумарний обсяг робочої рідини становитиме близько 60 тис. л. Тому під час проектування потрібно передбачити місце для приготування робочих розчинів, підвезення чистої води, промивання системи та безпечне поводження із залишками препаратів.



Рис. 2.2. Календарний графік основних технологічних операцій.

Календарний графік свідчить, що критичними за строками є березень і перша декада квітня, коли необхідно в стислі терміни виконати закриття вологи, внесення добрив, культивування, протруювання та сівбу. У травні навантаження зміщується на операції хімічного захисту, які залежать від фаз розвитку культури та погодних умов. Збирання планується в липні прямим комбайнуванням.

2.4. Технологічна карта вирощування ярого ячменю на площі 100 га

Технологічна карта є основним документом для планування машинно-тракторних робіт, визначення потреби в техніці, паливі, робочій силі та матеріальних ресурсах. У таблиці 2.5 наведено послідовність операцій, орієнтовні строки їх виконання, агротехнічні параметри, підібрані агрегати та розрахункові показники продуктивності. Значення продуктивності визначено за формулою:

Таблиця 2.5 – Технологічна карта вирощування ярого ячменю в умовах Житомирської області

№	Операція	Строк виконання	Агрегат	Агротехнічні вимоги / норма	В, м	v, км/год	W, га/год	Час на 100 га, год	Пальне, л/га	Пальне на 100 га, л
1	Лущення стерні	серпень	John Deere 6195M + LEMKEN Rubin 10/600	8-10 см; -; після попередника	6.0	12	5.4	18.5	8.0	800.0
2	Основний обробіток ґрунту	вересень-жовтень	John Deere 6195M + LEMKEN Juwel 8	20-22 см; -; за потреби заміна на глибокорозпушування	2.5	8	1.5	66.7	18.0	1800.0
3	Закриття вологи	березень	John Deere 6195M + зубова борона БЗСС-15	3-4 см; -; за фізичної стиглості ґрунту	15.0	10	11.25	8.9	3.0	300.0
4	Основне внесення мінеральних добрив	березень	John Deere 6195M + AMAZONE ZA-TS 3200	поверхнево; NPK 8:20:30 - 150 кг/га; селітра - 100 кг/га; доза уточнюється за аналізом ґрунту	24.0	12	20.16	5.0	1.6	160.0
5	Передпосівна культивация	березень-квітень	John Deere 6195M + Köckerling Allrounder 600	5-6 см; -; вирівнювання і підготовка ложа насіння	6.0	10	4.5	22.2	6.0	600.0
6	Протруювання насіння	березень	Протруювач ПС-10А або мобільний камерний протруювач	-; протруйник згідно регламенту; вода 8-10 л/т; обробка 19 т насіння	-	-	35.0	2.9	0.3	30.0
7	Сівба ярого ячменю	березень-квітень	John Deere 6195M + KUHN ESPRO 6000 RC	3-5 см; 190 кг/га; міжряддя 12,5-15 см; ранній строк, за температури ґрунту 3-5 °C	6.0	10	4.2	23.8	7.5	750.0
8	Коткування посівів	березень-квітень	John Deere 6195M + Cambridge 12 м	-; -; на легких ґрунтах та за нестачі вологи	12.0	10	9.0	11.1	3.0	300.0
9	Гербіцидне обприскування	квітень-травень	MT3-1221/John Deere 6195M + модернізований ОП-2500-18	-; робоча рідина 200 л/га; фаза кушення, ВВСН 21-29	18.0	10	13.5	7.4	1.2	120.0
10	Фунгіцидне обприскування	травень	MT3-1221/John Deere 6195M + модернізований ОП-2500-18	-; робоча рідина 200 л/га; вихід у трубку - прапорцевий листок, ВВСН 31-39	18.0	10	13.5	7.4	1.2	120.0
11	Позакореневе підживлення та інсектицидний захист	травень-червень	MT3-1221/John Deere 6195M + модернізований ОП-2500-18	-; мікродобрива + ЗЗР за потреби; 200 л/га; за результатами моніторингу шкідників	18.0	10	13.5	7.4	1.2	120.0
12	Пряме комбайнування	липень	CLAAS LEXION 670 + жатка 7,6 м	зріз 12-15 см; урожайність 4,5 т/га; вологість зерна 14-16 %	7.6	5	2.85	35.1	14.0	1400.0
13	Транспортування зерна	липень	Тракторний причіп 2ПТС-10 або вантажний автомобіль	-; 450 т зерна; доставка до току/елеватора	-	-	10.0	10.0	2.5	250.0

$$W = B \cdot v \cdot \tau / 10, \quad (2.1)$$

де B – робоча ширина захвату, м; v – робоча швидкість, км/год; τ – коефіцієнт використання часу зміни

У технологічній карті обприскування передбачено саме агрегатом, який розглянутий у конструктивному розділі: трактор з модернізованим обприскувачем ОП-2500-18. Такий підхід забезпечує зв'язок між технологічною частиною роботи та конструктивною модернізацією машини. Завдяки ширині штанги 18 м, місткості бака 2500 л і використанню удосконаленого розпилювального пристрою агрегат здатний виконати захист посівів із високою рівномірністю внесення робочої рідини.

2.5. Розрахунок потреби в матеріальних ресурсах

Потреба в матеріальних ресурсах визначена для площі 100 га. До основних матеріалів належать насіння, мінеральні добрива, робоча рідина для обприскування, засоби захисту рослин і паливо. Остаточні дози препаратів у виробничих умовах уточнюють за результатами агрохімічного обстеження ґрунту, фітосанітарного моніторингу та рекомендаціями виробників препаратів. У проекті наведено орієнтовні розрахункові значення, достатні для планування технології та підбору машин.

Таблиця 2.6 – Потреба в основних матеріальних ресурсах

Матеріальний ресурс	Норма на 1 га	Потреба на 100 га	Примітка
Насіння ярого ячменю	190 кг/га	19,0 т	сертифіковане, протруєне
Комплексне добриво NPK 8:20:30	150 кг/га	15,0 т	внесення перед сівбою
Аміачна селітра	100 кг/га	10,0 т	основне внесення або раннє підживлення
Мікродобрива	1,0-2,0 л/га	100-200 л	позакоренево, разом із ЗЗР за сумісності
Робоча рідина для 3 обприскувань	200 л/га × 3	60 000 л	для гербіциду, фунгіциду, інсектициду/мікродобрив
Дизельне паливо	67.5 л/га	6750 л	за всіма операціями технологічної карти
Мішкотара / біг-беги	за потреби	за обсягом насіння і добрив	для логістики матеріалів

Важливим елементом ресурсного планування є забезпечення обприскування водою. За норми робочої рідини 200 л/га одне обприскування площі 100 га потребує 20 000 л води, а три обприскування – 60 000 л. Один бак обприскувача ОП-2500-18 забезпечує обробку 12,5 га, тому для повного проходу по площі необхідно близько восьми заправок. Для скорочення простоїв доцільно використовувати пересувну цистерну з чистою водою та організувати заправку на краю поля або на спеціально обладнаному майданчику.



Рис. 2.3. Витрати пального за операціями технологічної карти

Найбільшу частку витрат пального формують основний обробіток ґрунту, збирання врожаю, лущення стерні та сівба. Обприскування, незважаючи на важливість для врожайності, має порівняно низькі витрати пального на гектар завдяки великій ширині захвату і високій робочій швидкості. Саме тому модернізація обприскувача економічно доцільна: вона підвищує якість внесення препаратів без істотного збільшення енергетичних витрат.

2.6. Організація роботи агрегатів і контроль якості

Ефективність запроектованої технології залежить не лише від вибору машин, а й від правильної організації роботи агрегатів. Перед початком сезону необхідно провести технічне обслуговування тракторів, сівалки, розкидача добрив, обприскувача та комбайна, перевірити справність гідросистем, шин, карданних валів, систем керування нормою внесення і висіву. Для агрегатів із електронним керуванням слід оновити карти полів, межі ділянок і технологічні колії.

Під час передпосівної підготовки контролюють глибину обробітку, гребенистість поверхні, наявність грудок і ущільнених ділянок. Якість сівби перевіряють за нормою висіву, рівномірністю розподілу насіння по рядках і глибиною загортання. Відхилення глибини загортання більше 1 см небажане, оскільки воно спричиняє нерівномірні сходи і різну фазу розвитку рослин у межах одного поля.

Під час обприскування основну увагу приділяють калібруванню форсунок, тиску в системі, висоті штанги, швидкості руху і погодним умовам. Роботи доцільно виконувати за швидкості вітру не більше 3-4 м/с, відсутності роси або дощу, температури повітря в межах, дозволених регламентом застосування препарату. Перед виїздом у поле проводять пробний пуск системи, перевіряють рівномірність подачі по секціях штанги, відсутність підтікання і справність фільтрів.

Під час збирання ячменю необхідно мінімізувати втрати зерна за жаткою, молотильним барабаном і решетом. Перед початком комбайнування виконують пробний прохід, визначають фактичну вологість зерна, регулюють частоту обертання барабана, зазори підбарабання, швидкість вентилятора і положення решіт. Пряме комбайнування доцільне за рівномірного досягання посіву і вологості зерна близько 14-16 %. За підвищеної вологості потрібно передбачити сушіння або активне вентилявання зерна на току.

Таблиця 2.7 – Контроль якості виконання основних технологічних операцій

Операція	Що контролюється	Проектна вимога
Лущення стерні	глибина, повнота підрізання, подрібнення решток	8-10 см, без необроблених смуг
Передпосівна культивация	рівність поверхні, глибина, грудкуватість	5-6 см, дрібногрудочкувата структура
Сівба	норма висіву, глибина, стикові проходи	190 кг/га, 3-5 см, відсутність пересівів і пропусків
Обприскування	тиск, висота штанги, норма робочої рідини	200 л/га, стабільний факел розпилу
Збирання	втрати зерна, чистота бункерного зерна, подрібнення соломи	втрати мінімальні, зерно без надмірних домішок

2.7. Очікувані виробничі показники проектної технології

Проектна технологія спрямована на одержання стабільного врожаю ярого ячменю в умовах Житомирської області за рахунок поєднання ранньої сівби, збалансованого живлення, своєчасного захисту посівів і використання продуктивного комплексу машин. Важливо, що більшість операцій виконується широкозахватними агрегатами, а обприскування – модернізованим ОП-2500-18, який є об'єктом конструктивного удосконалення в роботі.

Таблиця 2.8 – Узагальнені виробничі показники проектної технології

Показник	Значення
Площа вирощування	100 га
Планова врожайність	4,5 т/га
Валовий збір зерна	450 т
Загальна потреба в насінні	19,0 т
Потреба в робочій рідині для обприскування	60 000 л
Сумарні витрати пального	6750 л
Середні витрати пального	67.5 л/га
Орієнтовні витрати праці механізаторів	226.4 люд.-год
Кількість технологічних обприскувань	3
Кількість заправок обприскувача за один прохід 100 га	8

Підвищення технічного рівня технології досягається завдяки комплексному підходу: агрегати підібрано за продуктивністю, робочою шириною і можливістю виконання операцій у стислий строк; обприскувач використовується не як допоміжна машина, а як ключовий елемент системи захисту посівів; збирання передбачено продуктивним комбайном із достатньою шириною жатки. За дотримання агротехнічних вимог і своєчасного виконання робіт проектна технологія може забезпечити валовий збір близько 450 т зерна з площі 100 га.

Отже, розроблена технологія вирощування ярого ячменю для умов Житомирської області передбачає повний комплекс механізованих операцій від післязбирального обробітку ґрунту до транспортування зерна. Технологічна карта показує, що найбільш енергоємними операціями є основний обробіток ґрунту та збирання, а найбільш критичними за строками – весняна підготовка ґрунту, сівба та хімічний захист посівів. Використання модернізованого обприскувача ОП-2500-18 дозволяє підвищити якість захисту рослин, зменшити непродуктивні втрати робочої рідини і забезпечити рівномірне покриття посівів у фазах, коли ярий ячмінь найбільш чутливий до конкуренції бур'янів, ураження хворобами та пошкодження шкідниками.

Висновки по розділу

Для умов Житомирської області обґрунтовано інтенсивну технологію вирощування ярого ячменю на площі 100 га із запланованою врожайністю 4,5 т/га. Складено технологічну карту, у якій передбачено післязбиральне лущення стерні, основний обробіток, закриття вологи, внесення добрив, передпосівну культивацію, протруювання насіння, сівбу, коткування, три обприскування, пряме комбайнування і транспортування зерна. Підібрано сучасний комплекс машин: John Deere 6195M, LEMKEN Rubin 10, LEMKEN Juwel 8, AMAZONE ZA-TS, KUHN ESPRO 6000 RC, модернізований ОП-2500-18, CLAAS LEXION 670 та транспортні засоби. Обприскування

запроектовано агрегатом із модернізованим обприскувачем ОП-2500-18, що забезпечує технологічний зв'язок другого і третього розділів кваліфікаційної роботи. Розрахунки показали, що за прийнятої норми робочої рідини 200 л/га один бак обприскувача забезпечує обробку 12,5 га, а повне обприскування площі 100 га потребує приблизно восьми заправок. Найбільші витрати пального припадають на основний обробіток ґрунту та збирання, тому подальше підвищення ефективності можливе шляхом оптимізації обробітку, використання навігації, контролю перекриттів і точного землеробства.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Об'єкт удосконалення

У системі механізованого вирощування ярого ячменю важливе місце посідають операції хімічного захисту рослин та внесення рідких форм мінеральних добрив. Ярий ячмінь має порівняно короткий вегетаційний період, тому ефективність захисних заходів значною мірою залежить від своєчасності обприскування, рівномірності нанесення робочої рідини на листову поверхню, стабільності норми внесення та зменшення непродуктивних втрат препарату. Саме тому обприскувач у складі комплексу машин для вирощування культури повинен забезпечувати якісне покриття посівів за різних польових умов і не створювати надмірного ущільнення ґрунту.

Об'єктом удосконалення у роботі прийнято причіпний штанговий обприскувач ОП-2500-18, який використовується для поверхневого обробітку посівів пестицидами у вигляді розчинів, емульсій і суспензій, а також для внесення рідких комплексних добрив. Такий агрегат може застосовуватися під час вирощування ярого ячменю для внесення гербіцидів у період активного росту бур'янів, фунгіцидів у фазах кущення – виходу в трубку, інсектицидів за появи шкідників, а також для позакореневого підживлення.



Рис. 3.1. Загальний вигляд обприскувача ОП-2500-18.

Обприскувач ОП-2500-18 складається з рами, основного бака для робочої рідини, додаткового бака для промивання магістралей, насоса продуктивністю 160 л/хв, блоку регулювання тиску і керування потоком рідини, міксера, всмоктувальної комунікації з фільтром, карданної передачі, штанги та ходової частини. На рамі передбачено технологічну площадку з підніжкою, нішу для заправного рукава, страхувальні троси на дишлі та опорні елементи для безпечного агрегування з трактором.

Штанга робочої ширини 18 м виконана секційною. Вона складається з центральної частини, двох проміжних та двох крайніх секцій. Крайні секції шарнірно закріплені та обладнані пружинними елементами, що дає змогу зменшити ризик пошкодження штанги у разі контакту з перешкодою. Кріплення штанги до рамки здійснюється через паралелограмний механізм, завдяки чому підтримується необхідна висота розміщення розпилювачів над поверхнею посіву. Для зменшення коливань під час руху полем застосовуються амортизатори.

Рівень робочої рідини в баку контролюється за допомогою рівнеміра, а спорожнення бака виконується через зливний пристрій у нижній частині резервуара. Гальмівна система обприскувача барабанного типу має пневматичний привід за однопровідною схемою. Це підвищує безпеку транспортування агрегату дорогами та переміщення між полями.

Керування технологічним процесом виконується за допомогою блоку керування, винесеного на кронштейн у зручну для оператора зону. Оператор може змінювати тиск у системі та перекривати подачу робочої рідини на окремі секції, не виходячи з кабіни трактора. Контроль тиску здійснюється за манометром, установленим на блоці керування. Проте за зміни швидкості руху агрегату, коливання штанги, часткового засмічення фільтрів або розпилювачів виникає нерівномірність фактичного внесення препарату.

Для посівів ярого ячменю така нерівномірність є небажаною, оскільки недостатня доза робочої рідини знижує ефективність захисту рослин, а надлишкова – збільшує витрати препарату і може викликати пригнічення

культури. У зв'язку з цим модернізація обприскувача спрямована на удосконалення вузла розпилення робочої рідини та стабілізацію параметрів факела розпилу.

3.2 Обґрунтування необхідності модернізації обприскувача

Під час виконання операцій хімічного захисту посівів ярого ячменю до обприскувача висуваються такі основні вимоги: забезпечення заданої норми витрати робочої рідини; рівномірний розподіл крапель по ширині захвату; збереження стабільної форми факела розпилу; мінімізація знесення крапель вітром; можливість швидкого промивання системи після закінчення роботи; зручне регулювання та обслуговування.

У базовому виконанні якість внесення значною мірою залежить від тиску у магістралі, стану розпилювачів, висоти штанги, швидкості руху та рельєфу поля. Навіть незначні зміни тиску можуть змінити розмір крапель і дальність їх польоту. За надмірного тиску збільшується частка дрібнодисперсних крапель, які легше зносяться повітряним потоком. За недостатнього тиску факел стає нестійким, а покриття рослин погіршується.

Типові недоліки роботи стандартного розпилювального обладнання полягають у тому, що воно не завжди автоматично підтримує необхідну дальність польоту струменя і не компенсує зміну гідравлічних параметрів системи. Крім того, для активного формування факела інколи потрібне додаткове джерело енергії або складний привід, що ускладнює конструкцію та підвищує вартість обслуговування.

Запропонована модернізація передбачає застосування розпилювача, в якому обертання розбризкувального елемента забезпечується енергією потоку робочої рідини. Такий підхід не потребує окремого механічного або електричного приводу, а регулювання площі оброблення і дисперсності розпилу здійснюється за рахунок зміни зазору між дисками розпилювального елемента. Це підвищує адаптивність вузла до змін тиску та дає змогу стабілізувати якість внесення препарату.

Модернізований вузол доцільно встановлювати на секціях штанги в місцях, де спостерігається найбільша нерівномірність покриття, або використовувати його як базовий розпилювальний елемент за повної переоснастки обприскувача. Особливо корисним таке рішення є на полях з хвилястим мікрорельєфом, де через коливання штанги змінюється відстань від розпилювача до рослин.

3.3 Будова та принцип роботи розробленого розпилювача робочої рідини

Розроблений розпилювач призначений для формування віялоподібного сканувального струменя робочої рідини. Основною ідеєю конструкції є поєднання гідравлічного приводу, який використовує енергію потоку рідини, та регульованого дискового розбризкувального елемента. Завдяки цьому розпилювач може автоматично змінювати робочий зазор між дисками залежно від тиску в системі та підтримувати задану площу покриття.

Конструкція містить приводний вал, співвісно встановлений у циліндричному корпусі. Вал виконано у вигляді жорстко з'єднаних осі та порожнистого циліндра з отворами для проходження робочої рідини. На валу закріплена турбіна, яка приводиться в обертання під дією потоку рідини. У верхній частині вала встановлено розбризкувальний елемент, утворений двома дисками, розташованими під кутом до осі обертання.

Один із дисків установлений нерухомо, а другий має можливість переміщуватися вздовж осі. Його положення визначається тиском рідини та зусиллям пружини зі змінним початковим стисненням. Зміна початкового стиснення пружини виконується гайками, що дає можливість налаштувати величину кільцевого зазору між дисками, площу оброблення та ступінь подрібнення рідини на краплі.

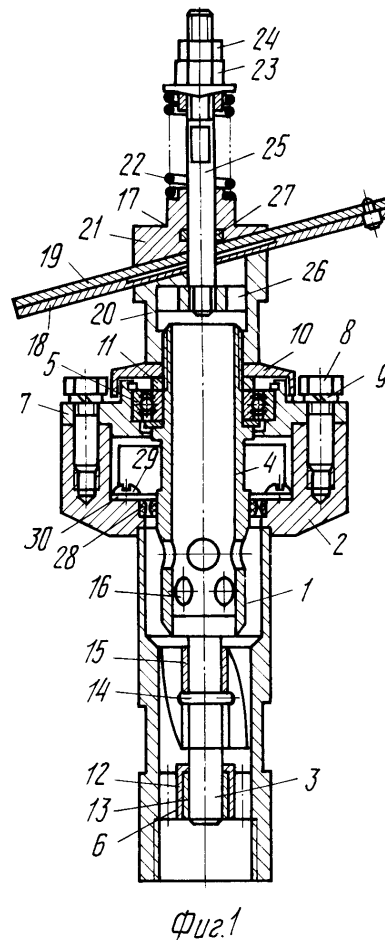


Рис.3.2. Схема модернізованого розпилювача робочої рідини

Під час роботи робоча рідина надходить у корпус розпилювача під тиском. Потік діє на лопатки турбіни, унаслідок чого турбіна, вал і дисковий розбризкувальний елемент починають обертатися. Далі рідина через отвори в порожнистому циліндрі потрапляє до зони між дисками. Під дією тиску рухомий диск відходить від нерухомого, утворюючи кільцевий зазор. Через цей зазор рідина виходить у вигляді віялоподібного струменя.

Оскільки диски нахилені до осі обертання, факел розпилу не залишається нерухомим, а здійснює періодичне сканування поверхні. У кожному радіальному напрямку кут вильоту струменя змінюється, але ці зміни повторюються циклічно. У результаті формується більш рівномірне зрошення оброблюваної поверхні. Діаметр зони покриття регулюється стисненням пружини, висотою встановлення розпилювача та кутом нахилу дисків.

Для запобігання витіканню робочої рідини та передчасному зношуванню вузлів у конструкції передбачені ущільнювальні елементи. Вал спирається на підшипник кочення і підшипник ковзання, що забезпечує стійке обертання за відносно невеликих габаритів вузла. Підшипник ковзання доцільно виконувати з полімерною втулкою, стійкою до дії водних розчинів пестицидів і мінеральних добрив.

Перевагою запропонованої схеми є те, що привід розпилювального елемента здійснюється безпосередньо потоком робочої рідини. Завдяки цьому конструкція не потребує додаткового приводу від вала відбору потужності або електродвигуна. Водночас регульований зазор між дисками дає можливість змінювати режим розпилення відповідно до агротехнічних вимог конкретної операції.

Для обприскування ярого ячменю модернізований розпилювач може працювати у кількох режимах. За внесення гербіцидів доцільно формувати стабільний факел із середньою дисперсністю, що забезпечує достатнє покриття бур'янів і знижує ризик знесення препарату. За фунгіцидного оброблення важливим є краще проникнення робочої рідини у листостебловий ярус, тому потрібне рівномірне розміщення крапель по поверхні рослин. За позакореневого підживлення необхідно уникати стікання рідини з листків, тому розпил повинен бути достатньо дрібним, але без утворення надмірної кількості крапель, схильних до знесення.

3.4 Технологічне узгодження модернізованого обприскувача з комплексом машин для вирощування ярого ячменю

Удосконалений обприскувач розглядається не як окрема машина, а як елемент загального комплексу машин для вирощування ярого ячменю. До цього комплексу входять агрегати для основного та передпосівного обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, догляду за посівами, збирання і транспортування врожаю. Ефективність комплексу залежить від того,

наскільки кожна машина відповідає агротехнічним строкам та якості виконання операцій.

На посівах ярого ячменю обприскувач повинен працювати з мінімальним пошкодженням рослин. Для цього важливо узгоджувати колію трактора й обприскувача з технологічними коліями, підтримувати робочу швидкість у межах, за яких зберігається стабільний факел розпилу, а також контролювати висоту штанги над поверхнею рослин. Регульована колія ходової частини ОП-2500-18 полегшує пристосування агрегату до ширини міжколій і зменшує втрати від приминання рослин.

Перед початком роботи обприскувач необхідно налаштувати на задану норму внесення. Для цього перевіряють чистоту фільтрів, герметичність з'єднань, роботу насоса, стан розпилювачів і рівномірність подачі рідини по секціях штанги. Після модернізації додатково контролюють легкість обертання турбіни, стан пружини, положення регулювальних гайок і відсутність підтікання в зоні дискового розпилювального елемента.

Модернізований розпилювач має забезпечувати стабільну роботу за робочих тисків, характерних для польового обприскування. Під час налаштування потрібно добирати таке початкове стиснення пружини, за якого факел розпилу перекриває суміжні зони покриття без надмірного дублювання. Це дає змогу зменшити смугастість оброблення і підвищити рівномірність нанесення препарату по ширині захвату.

Раціональне використання удосконаленого обприскувача дає змогу підвищити технічну готовність комплексу машин, скоротити час простоїв через переналаштування, зменшити витрати робочої рідини та забезпечити кращу відповідність технологічних операцій біологічним особливостям ярого ячменю.

3.5 Призначення насоса та опис його конструкції

Насос є одним із головних вузлів обприскувача, оскільки саме він забезпечує подачу робочої рідини з бака до регулювального блока,

магістралей штанги та розпилювачів. Під час роботи насос перетворює механічну енергію приводу на енергію потоку рідини, підвищуючи її тиск і створюючи умови для рівномірного розпилення.

У польовому обприскувачі насос повинен забезпечувати достатню подачу рідини для всіх секцій штанги, стабільно працювати з водними розчинами пестицидів і добрив, мати просту конструкцію, бути ремонтпридатним і стійким до корозійного впливу робочого середовища. Для виконання дипломного проєкту як прототип прийнято відцентровий консольний насос.

Консольні відцентрові насоси належать до одноступінчастих машин з одностороннім підведенням рідини до робочого колеса. Робоче колесо розміщується на кінці вала, встановленого у підшипниках корпусу насоса або електродвигуна. Передача крутного моменту може здійснюватися через пружну муфту або карданну передачу залежно від компонування агрегату.

У розроблюваному насосі корпус із радіальним напірним патрубком і кришка з осьовим входним патрубком виготовляються окремо. Підвід рідини виконано у вигляді прямоосьового конфузора, що зменшує гідравлічні втрати на вході. Відведення рідини - спіральне, з отворами для випуску повітря та зливання рідини після закінчення роботи. Напірний патрубок може встановлюватися в різних положеннях, що полегшує компонування насоса на рамі обприскувача.

Для роботи з сумішшю води і пестицидів деталі проточної частини повинні мати достатню хімічну стійкість. Корпус і кришку доцільно виготовляти з чавуну або корозійностійких сплавів, а ущільнення - з матеріалів, стійких до агресивних компонентів робочої рідини. Для запобігання кавітації на вході до відцентрового колеса передбачається встановлення осьового колеса - шнека, що покращує підведення рідини до робочого колеса.

3.6 Розрахунок основних параметрів насоса

Розрахунок насоса виконується з метою визначення основних конструктивних параметрів, які забезпечують потрібну подачу і напір робочої рідини для модернізованого обприскувача. Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку насоса

Показник	Значення
Подача насоса Q	40 м³/год (0,011 м³/с)
Напір Н	35 м
Частота обертання n	2950 хв ⁻¹
Допустимий кавітаційний запас Δh _{доп}	1,2 м
Робоча рідина	Суміш холодної води з пестицидами
Температура рідини	t ≤ 30 °С
Ресурс роботи	30000 год
Розміщення вала	горизонтальне

Для одноступінчастого насоса приймаємо число ступенів i = 1, тому напір одного ступеня дорівнює загальному напору насоса: Н_{ст} = Н = 35 м. Коефіцієнт швидкохідності визначаємо за залежністю:

$$n_s = 3,65 \cdot n \cdot \sqrt[3]{Q / H_{ст}^{3/4}} = 3,65 \cdot 2950 \cdot \sqrt[3]{0,011 / 35^{3/4}} = 78,5. \quad (3.1)$$

Отримане значення n_s = 78,5 характеризує насос як відцентровий середньої швидкохідності, придатний для забезпечення необхідного напору і подачі в системі обприскувача.

Критичний кавітаційний запас визначаємо з урахуванням коефіцієнта запасу K_{зап} = 1,4:

$$\Delta h_{кр} = \Delta h_{доп} / K_{зап} = 1,2 / 1,4 = 0,85 \text{ м}. \quad (3.2)$$

За рівнянням Руднєва потрібний кавітаційний коефіцієнт насоса дорівнює:

$$C_{кр}^{теб} = 5,62 \cdot n \cdot \sqrt[3]{Q / \Delta h_{кр}^{3/4}} = 5,62 \cdot 2950 \cdot \sqrt[3]{0,011 / 0,85^{3/4}} = 1965. \quad (3.3)$$

За такого значення кавітаційного показника перед відцентровим колесом доцільно встановити спеціальне осьове колесо - шнек. Воно

покращує заповнення міжлопатевих каналів робочого колеса і знижує ймовірність виникнення кавітації під час роботи з рідкими препаратами.

Зовнішній діаметр відцентрового колеса визначаємо за формулою:

$$D_2 = K_2 \cdot \sqrt[3]{(Q/n)}, \text{ де } K_2 = 9,35 / \sqrt[3]{(n_s/100)} = 10,55. \quad (3.4)$$

$$D_2 = 10,55 \cdot \sqrt[3]{(0,011/2950)} = 0,164 \text{ м}. \quad (3.5)$$

Ширина робочого колеса на виході становить:

$$b_2 = K_\beta \cdot \sqrt[3]{(Q/n)}, \text{ де } K_\beta = 0,691. \quad (3.6)$$

$$b_2 = 0,691 \cdot \sqrt[3]{(0,011/2950)} = 0,011 \text{ м}. \quad (3.7)$$

Діаметр горловини відцентрового колеса визначається з урахуванням діаметра входу та діаметра втулки. Попередньо діаметр входу приймаємо за залежністю:

$$D_0 = K_0 \cdot \sqrt[3]{(Q/n)}, \text{ де } K_0 = 4,5. \quad (3.8)$$

$$D_0 = 4,5 \cdot \sqrt[3]{(0,011/2950)} = 0,070 \text{ м}. \quad (3.9)$$

Потужність, що передається валом насоса, визначаємо з урахуванням ККД насоса:

$$N = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta. \quad (3.10)$$

Загальний ККД насоса приймаємо як добуток механічного, об'ємного та гідравлічного ККД:

$$\eta = \eta_m \cdot \eta_o \cdot \eta_z = 0,883 \cdot 0,964 \cdot 0,85 = 0,724. \quad (3.11)$$

$$N = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,011 \cdot 35 / 0,724 = 5962 \text{ Вт}. \quad (3.12)$$

Для врахування можливих перевантажень і короткочасного збільшення опору в магістралях приймаємо максимальну потужність:

$$N_{max} = 1,2 \cdot N = 1,2 \cdot 5962 = 7154 \text{ Вт}. \quad (3.13)$$

Кутова швидкість обертання вала становить:

$$\omega = \pi \cdot n / 30 = 3,14 \cdot 2950 / 30 = 309 \text{ с}^{-1}. \quad (3.14)$$

Крутний момент на валу насоса:

$$M_{кр} = N_{max} / \omega = 7154 / 309 = 23 \text{ Н·м}. \quad (3.15)$$

Мінімальний діаметр вала за умовами міцності визначаємо за допустимим напруженням кручення $[\tau] = 30 \text{ МПа}$:

$$d_{min} = 10^3 \cdot \sqrt[3]{(M_{кр} / (0,2 \cdot [\tau]))} = 10^3 \cdot \sqrt[3]{(23 / (0,2 \cdot 30 \cdot 10^6))} = 15,6 \text{ мм}. \quad (3.16)$$

З урахуванням стандартного ряду розмірів і запасу міцності приймаємо діаметр вала $d_v = 16$ мм.

Таблиця 3.2 – Основні результати розрахунку насоса

Параметр	Позначення	Значення
Коефіцієнт швидкохідності	n_s	78,5
Критичний кавітаційний запас	$\Delta h_{кр}$	0,85 м
Зовнішній діаметр робочого колеса	D_2	0,164 м
Ширина колеса на виході	b_2	0,011 м
Діаметр входу	D_0	0,070 м
Потужність на валу насоса	N	5962 Вт
Максимальна потужність	N_{max}	7154 Вт
Крутий момент	$M_{кр}$	23 Н·м
Прийнятий діаметр вала	d_v	16 мм

3.7 Оцінка очікуваного ефекту від модернізації

Модернізація обприскувача шляхом застосування дискового розпилувача з гідравлічним приводом турбіни спрямована на підвищення рівномірності внесення робочої рідини та стабілізацію форми факела розпилу. Конструкція дає змогу частково компенсувати коливання тиску у системі, оскільки рухомий диск змінює положення під дією сили тиску рідини і сили пружини. У результаті підтримується необхідний зазор між дисками та забезпечується повторюваний характер розподілу крапель.

Практичний ефект модернізації полягає у покращенні покриття поверхні рослин, зменшенні необроблених смуг, більш повному використанні робочої рідини та зниженні ризику перевитрати пестицидів. Для вирощування ярого ячменю це має особливе значення, оскільки своєчасний і рівномірний захист рослин безпосередньо впливає на збереження густоти стеблостою, формування продуктивного колоса та якість зерна.

До додаткових переваг запропонованого рішення належать відсутність зовнішнього приводу розпилувального елемента, простота регулювання, можливість використання в існуючій гідравлічній системі обприскувача, а також ремонтпридатність вузла. Водночас для надійної експлуатації

необхідно регулярно контролювати чистоту фільтрів, стан ущільнень, роботу турбіни, ступінь зношення дисків і сталість пружини.

Таким чином, удосконалення обприскувача ОП-2500-18 забезпечує кращу відповідність машини агротехнічним вимогам вирощування ярого ячменю. Запропонована конструкція розпилювача підвищує якість технологічної операції, сприяє раціональному використанню препаратів і підвищує ефективність усього комплексу машин.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ

4.1 Мета та вихідні умови економічної оцінки

Техніко-економічне обґрунтування виконано для оцінки доцільності запроєктованої технології вирощування ярого ячменю в умовах Житомирської області та ефективності використання модернізованого обприскувача ОП-2500-18. У другому розділі прийнято площу посіву 100 га, планову врожайність 4,5 т/га, три технологічні обприскування та сумарні витрати пального 6750 л. У третьому розділі розглянуто модернізацію розпилювального органа, яка спрямована на підвищення рівномірності нанесення робочої рідини, зменшення втрат препарату та стабілізацію факела розпилу.

Економічний ефект від проектних рішень формується за рахунок двох основних чинників: підвищення врожайності завдяки якіснішому захисту посівів і зменшення непродуктивних витрат засобів захисту рослин. Для розрахунків прийнято порівняння базового варіанта, у якому використовується стандартний обприскувач без удосконаленого розпилювача, та проектного варіанта з модернізованим ОП-2500-18 у складі комплексу машин.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для економічного розрахунку

Показник	Значення	Пояснення
Площа посіву ярого ячменю	100 га	відповідає технологічній карті
Планова врожайність у проектному варіанті	4,5 т/га	за інтенсивної технології
Урожайність у базовому варіанті	4,25 т/га	без ефекту модернізованого розпилу
Валовий збір зерна у проектному варіанті	450 т	100 га × 4,5 т/га
Розрахункова ціна реалізації зерна	7200 грн/т	прийнято для дипломного розрахунку
Сумарні витрати пального	6750 л	за технологічною картою
Витрати праці механізаторів	226,4 люд.-год	за технологічною картою
Кількість обприскувань	3	гербіцидне, фунгіцидне, інсектицидне/мікродобрива

4.2 Розрахунок виробничих витрат за проектною технологією

Виробничі витрати визначено за основними статтями: насіння, мінеральні добрива, засоби захисту рослин і мікродобрива, дизельне пальне, оплата праці, амортизація та ремонт машин, інші організаційно-виробничі витрати. Розрахунок має проектний характер, тому ціни на ресурси прийнято як умовні розрахункові величини, придатні для порівняння варіантів технології.

Загальна сума виробничих витрат визначається за залежністю:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{н}} + C_{\text{д}} + C_{\text{ззр}} + C_{\text{п}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{ін}}, \quad (4.1)$$

де $C_{\text{н}}$ – витрати на насіння; $C_{\text{д}}$ – витрати на добрива; $C_{\text{ззр}}$ – витрати на засоби захисту; $C_{\text{п}}$ – витрати на пальне; $C_{\text{пр}}$ – оплата праці; $C_{\text{ам}}$ – амортизація і ремонт; $C_{\text{ін}}$ – інші витрати.

Таблиця 4.2 – Виробничі витрати за проектною технологією

Стаття витрат	На 100 га, грн	На 1 га, грн
Насіння	285 000	2 850.0
Мінеральні добрива	580 000	5 800.0
ЗЗР і мікродобрива	247 000	2 470.0
Дизельне пальне	391 500	3 915.0
Оплата праці	27 168	271.7
Амортизація і ремонт	280 000	2 800.0
Інші витрати	120 000	1 200.0
Разом	1 930 668	19 306.7

Структура виробничих витрат за проектною технологією

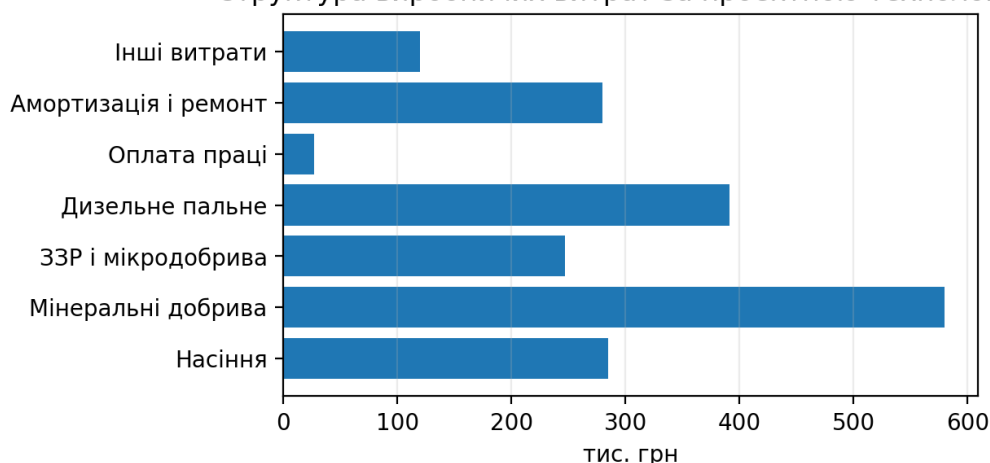


Рис. 4.1. Структура виробничих витрат за проектною технологією

Найбільшу частку у структурі витрат займають мінеральні добрива, дизельне пальне, насіння та засоби захисту рослин. Тому підвищення

рівномірності внесення препаратів і зменшення їх непродуктивних втрат має помітне економічне значення навіть без істотної зміни загального складу машинно-тракторного парку.

4.3 Економічний ефект від модернізації обприскувача

Модернізований розпилювач, запропонований у конструктивному розділі, використовує енергію потоку робочої рідини для обертання розпилювального елемента. Регульований зазор між дисками дає змогу підтримувати стабільніший факел розпилу, зменшувати смугастість оброблення та краще покривати листову поверхню рослин. Для економічного розрахунку прийнято, що завдяки кращій якості обприскування урожайність зростає на 0,25 т/га, а витрати на засоби захисту та мікродобрива зменшуються на 5 %.

Таблиця 4.3 – Порівняння базового та проектного варіантів

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант	Відхилення
Урожайність, т/га	4.25	4.50	+0,25
Валовий збір зерна, т	425	450	+25
Виручка від реалізації, грн	3 060 000	3 240 000	180 000
Виробничі витрати, грн	1 949 060	1 930 668	-18 392
Прибуток, грн	1 110 940	1 309 332	198 392
Собівартість 1 т, грн/т	4 586	4 290	-296
Рентабельність, %	57.0	67.8	10.8 п.п.

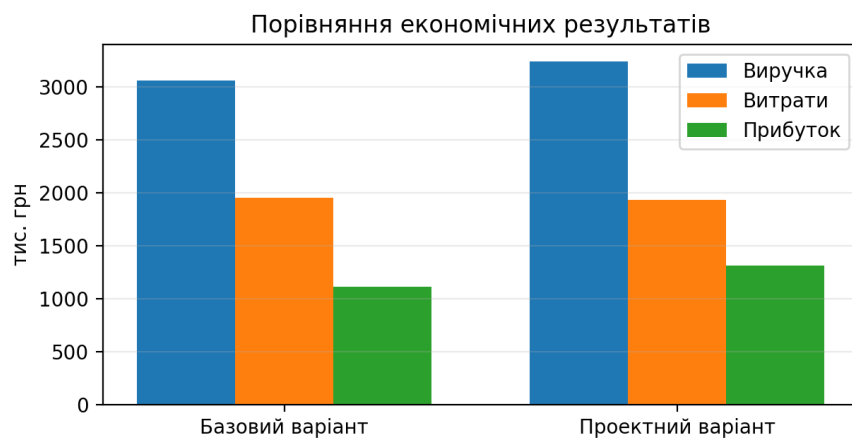


Рис. 4.2. Порівняння економічних результатів базового і проектного варіантів

4.4 Оцінка капітальних вкладень і строку окупності

Капітальні вкладення у модернізацію обприскувача включають виготовлення або закупівлю розпилювальних вузлів, пружин, ущільнювальних елементів, кріплень, роботи з монтажу, налагодження та перевірки рівномірності внесення робочої рідини. Розрахунок наведено для переоснащення обприскувача, який використовується на проектній площі 100 га.

Таблиця 4.4 – Орієнтовні витрати на модернізацію обприскувача

Стаття капітальних вкладень	Сума, грн
Виготовлення корпусів, валів і турбін розпилювачів	18 000
Дискові розбризкувальні елементи, пружини, регулювальні гайки	22 000
Кріплення, перехідники, фільтри та магістральні елементи	12 000
Підшипники, втулки, ущільнення, манжети	9 500
Монтаж, регулювання та випробування	15 500
Матеріали для промивання, калібрування і перевірки якості розпилу	5 000
Резерв непередбачених витрат	10 000
Разом капітальні вкладення	92 000

Річний економічний ефект визначається як різниця прибутку між проектним і базовим варіантами: $E_p = \Pi_{пр} - \Pi_б = 1\,309\,332 - 1\,110\,940 = 198\,392$ грн. Строк окупності капітальних вкладень становить: $T_{ок} = K / E_p = 92\,000 / 198\,392 = 0.46$ року. Отже модернізація окуповується менш ніж за один виробничий сезон що свідчить про її економічну доцільність.

Таблиця 4.5 – Основні показники економічної ефективності

Показник	Значення
Річний економічний ефект, грн	198 392
Капітальні вкладення, грн	92 000
Строк окупності, року	0.46
Коефіцієнт економічної ефективності	2.16
Зниження собівартості 1 т зерна, грн/т	296
Приріст прибутку на 1 га, грн/га	1 984

4.5 Аналіз беззбитковості та стійкості проекту

Для оцінки надійності проектних рішень визначено точку беззбитковості. Мінімальна врожайність за якої виручка покриває виробничі

витрати становить: $Уб = Сзаг / (Цз \cdot F) = 1\,930\,668 / (7200 \cdot 100) = 2.68$ т/га. Мінімальна ціна реалізації за проектною врожайністю дорівнює собівартості 1 т зерна і становить 4290 грн/т. Запас фінансової стійкості за врожайністю дорівнює близько 40.4 % що є прийнятним для виробничих умов Житомирської області.

Додатково виконано чутливий аналіз, який показує, як змінюється прибуток у разі погіршення основних факторів: зниження ціни зерна, зменшення врожайності або зростання виробничих витрат. Такий підхід дає можливість оцінити не лише середній очікуваний результат, а й запас міцності проектної технології.

Таблиця 4.6 – Чутливість економічного результату до зміни умов

Сценарій	Виручка, грн	Витрати, грн	Прибуток, грн
Проектний варіант	3 240 000	1 930 668	1 309 332
Зниження ціни зерна на 10 %	2 916 000	1 930 668	985 332
Зниження врожайності на 10 %	2 916 000	1 930 668	985 332
Зростання витрат на 10 %	3 240 000	2 123 735	1 116 265
Зниження врожайності і зростання витрат	2 916 000	2 123 735	792 265

Навіть за несприятливого сценарію одночасного зниження врожайності та зростання витрат проект залишається прибутковим. Це пояснюється достатньою різницею між ціною реалізації зерна і собівартістю виробництва, а також технологічним ефектом якісного захисту посівів. Найбільший ризик для господарства становить зменшення врожайності, тому підтримання справного стану обприскувача та дотримання строків захисту рослин мають безпосереднє економічне значення.

Висновки до розділу

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що проектна технологія вирощування ярого ячменю на площі 100 га забезпечує валовий збір 450 т зерна за врожайності 4,5 т/га. Загальні виробничі витрати становлять 1 930 668 грн, або 19 306,7 грн/га, а собівартість 1 т зерна - близько 4290 грн/т.

Порівняння з базовим варіантом показує, що використання модернізованого обприскувача підвищує прибуток на 198 392 грн за сезон. Основний ефект досягається за рахунок кращої якості хімічного захисту посівів, зростання врожайності на 0,25 т/га та економії частини витрат на препарати завдяки рівномірнішому нанесенню робочої рідини.

Орієнтовні капітальні вкладення в модернізацію обприскувача становлять 92 000 грн. Розрахунковий строк окупності дорівнює 0,46 року, тобто вкладення можуть повернутися протягом одного виробничого сезону. Отже, прийняті проектні рішення є технічно обґрунтованими та економічно доцільними для умов Житомирської області.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення комплексу машин для вирощування ярого ячменю з модернізацією обприскувача. Актуальність теми обумовлена важливим значенням ярого ячменю як продовольчої, кормової та пивоварної культури, а також необхідністю підвищення ефективності його вирощування за рахунок раціонального використання сучасної техніки та якісного виконання операцій із захисту рослин.

У першому розділі проаналізовано сучасний стан технологій вирощування ячменю в Україні та світі. Встановлено, що ячмінь займає важливе місце у структурі зернового виробництва, а підвищення його врожайності залежить від використання продуктивних сортів, якісного насіння, збалансованого удобрення, своєчасного захисту рослин і застосування сучасних машинно-тракторних агрегатів. Також розглянуто стан механізації вирощування культури та перспективи впровадження елементів точного землеробства, GPS-навігації, дронів, датчиків контролю стану посівів і автоматизованих систем керування технологічними процесами.

У другому розділі спроектовано технологію вирощування ярого ячменю в умовах Житомирської області. Враховано природно-кліматичні особливості регіону, ґрунтові умови та необхідність своєчасного виконання ранньовесняних польових робіт. Для розрахунків прийнято площу посіву 100 га та планову врожайність 4,5 т/га. Розроблена технологія передбачає лущення стерні, основний і передпосівний обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами, хімічний захист, збирання врожаю та транспортування зерна.

У технологічній карті підібрано сучасний комплекс машин, який забезпечує якісне виконання операцій, високу продуктивність і раціональне використання пального та робочого часу. До складу комплексу включено

трактори, ґрунтообробні агрегати, розкидач добрив, сівалку, зернозбиральний комбайн, транспортні засоби та обприскувач ОП-2500-18. Обприскування передбачено виконувати під час гербіцидного, фунгіцидного, інсектицидного захисту та позакореневого підживлення.

У третьому розділі виконано конструктивне обґрунтування модернізації обприскувача ОП-2500-18. Запропонована модернізація полягає у використанні розпилювального пристрою, який формує віялоподібний сканувальний струмінь робочої рідини. Конструкція передбачає застосування турбіни, що обертається під дією потоку рідини, та дискового розбризкувального елемента з регульованим зазором між дисками. Це дає змогу покращити рівномірність покриття рослин, зменшити втрати робочої рідини та підвищити ефективність використання засобів захисту рослин.

Також виконано розрахунок основних параметрів насоса, що забезпечує подачу робочої рідини в систему обприскувача. Визначено коефіцієнт швидкохідності, кавітаційні умови, розміри робочого колеса, потужність, крутний момент і мінімальний діаметр вала. Отримані результати підтверджують працездатність запропонованого технічного рішення та можливість його використання під час вирощування ярого ячменю.

У четвертому розділі проведено техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень. За проєктним варіантом на площі 100 га планова врожайність становить 4,5 т/га, валовий збір зерна – 450 т, а приріст порівняно з базовим варіантом – 25 т. Загальні виробничі витрати становлять 1 930 668 грн, виручка від реалізації зерна – 3 240 000 грн, прибуток – 1 309 332 грн, рентабельність – 67,8 %, а собівартість 1 т зерна – 4290 грн/т.

Економічний ефект від модернізації обприскувача становить 198 392 грн, а строк окупності капітальних вкладень – 0,46 року. Це свідчить про економічну доцільність запропонованого рішення, оскільки модернізація окуповується менш ніж за один виробничий сезон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроєкологія : навч. посіб. / О. Ф. Смаглий, А. Т. Кардашов, П. В. Литвак та ін. Київ : Вища освіта, 2006. 671 с.
2. Барабаш Г. І., Деркач О. Д., Коваль С. М. Механізація сільськогосподарського виробництва : навч. посіб. Київ : Урожай, 2014. 448 с.
3. Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. Київ : Аграрна наука, 2014. 256 с.
4. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2015. 679 с.
5. Гаврилюк М. М. Основи сучасного насінництва. Київ : ННЦ ІАЕ, 2012. 256 с.
6. Гудзь В. П., Примак І. Д., Будьонний Ю. В., Танчик С. П. Землеробство : підручник. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 464 с.
7. Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В. І. Пастухова. Харків : Веста, 2001. 347 с.
8. Заєць М. Л. Вплив параметрів дискових сошників на передавальну здатність прорізання пожнивних решток у системі нульового обробітку ґрунту. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2023 Вип. 53. С. 16-22.
9. Borak, K. V., Kulykivskyi V. L. Borovskyi V. M. Rudenko V. G., Dobranskiy S. S. Increasing the wear resistance of the working bodies of tillage machines by electrical discharge machining. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. Випуск 3 (48) 2025. Технічні науки. С.149-160.
10. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. Львів : НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.

11. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур : навч. посіб. Львів : НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
12. Мельник І. І., Гречкосій В. Д., Марченко В. В. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу. Київ : НАУ, 2004. 151 с.
13. Механізація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підручник / за ред. В. В. Адамчука. Київ : Аграрна наука, 2013. 560 с.
14. Операційні технології виробництва продукції рослинництва / за ред. В. П. Гудзя. Київ : Урожай, 2008. 392 с.
15. Пастухов В. І. Якість механізованих технологічних операцій і біопотенціал польових культур : монографія. Харків : Ранок, 2002. 124 с.
16. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 4-те вид., випр. і допов. Львів : НВФ «Українські технології», 2014. 1040 с.
17. Саблук П. Т., Месель-Веселяк В. Я., Федоров М. М. Економіка виробництва зерна в Україні. Київ : ННЦ ІАЕ, 2012. 311 с.
18. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
19. Технологія виробництва продукції рослинництва : підручник / за ред. О. І. Зінченка. Київ : Аграрна освіта, 2010. 456 с.
20. Технологія вирощування зернових культур : методичні рекомендації / Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків : ІР НААН, 2019. 72 с.
21. Ячмінь ярий: біологія, селекція, технологія вирощування : методичні рекомендації / НААН України. Київ : Аграрна наука, 2020. 64 с.
22. Обприскувач причіпний ОП-2500-18. Паспорт та інструкція з експлуатації. Одеса : Виробник сільськогосподарської техніки, 2018. 48 с.

23. Насоси відцентрові. Довідник конструктора / за ред. В. І. Черкасова. Київ : Техніка, 2009. 312 с.
24. Borak K. V., Kulykivskyi V. L., Borovskiy V. M., Rudenko V. G., Dobranskiy S. S. Increasing the wear resistance of the working bodies of tillage machines by electrical discharge machining. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2025. Вип. 3 (48). С. 149–160.
25. Машины для захисту рослин : навч. посіб. / В. О. Дубровін, Д. Г. Войтюк, М. М. Барановський. Київ : Аграрна освіта, 2010. 286 с.
26. Державна служба статистики України. Сільське господарство України : статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2024. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 16.06.2026).
27. Державна служба статистики України. Посівні площі сільськогосподарських культур під урожай 2024 року. Київ : Держстат України, 2024. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 16.06.2026).
28. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Стан посівної кампанії та виробництва зернових культур в Україні. URL: <https://minagro.gov.ua/> (дата звернення: 16.06.2026).
29. Головне управління статистики у Житомирській області. Сільське господарство Житомирської області : статистична інформація. URL: <https://www.zt.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 16.06.2026).
30. Департамент агропромислового розвитку та економічної політики Житомирської обласної військової адміністрації. Агропромисловий комплекс Житомирської області. URL: <https://eprdep.zht.gov.ua/> (дата звернення: 16.06.2026).
31. FAOSTAT. Crops and livestock products: Barley. Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: <https://www.fao.org/faostat/> (дата звернення: 16.06.2026).
32. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.

33. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
34. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
35. Precision Agriculture in Europe: Legal, social and ethical considerations. European Parliamentary Research Service. Brussels, 2021. URL: <https://www.europarl.europa.eu/> (дата звернення: 16.06.2026).
36. Autonomous agricultural machinery: development trends and prospects. OECD iLibrary. URL: <https://www.oecd-ilibrary.org/> (дата звернення: 16.06.2026).