МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу виробництва озимої пшениці у ТОВ «Агрофірма «Поле» » Гайсинського району Вінницької області з модернізацією жниварки ЖВР-10»

Виконав: студент _3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Новіцький Денис Сергійович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Новіцькому Денису Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технологічного процесу виробництва озимої пшениці у ТОВ «Агрофірма «Поле» » Гайсинського району Вінницької області з модернізацією жниварки ЖВР-10»
керівник проекту Дідур Володимир Володимирович, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129
2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.
3. Вихідні дані до проекту: загальна характеристика підприємства; природно-кліматичні умови господарства; земельні ресурси та структура посівних площ
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.
5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; технологічна карта на вирощування та збирання озимої пшениці; графік завантаження тракторів і сільськогосподарських машин; будова та принцип роботи зернозбиральної жатки; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 .	
2.	Розділ 1. Аналіз виробничої діяльності ТОВ «АГРОФІРМА «ПОЛЕ»»	19.11.2025 .	
3.	Розділ 2. Конструкційно-технологічна частина	18.12.2025 .	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 .	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 .	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 .	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 .	

Студент _____ Новіцький Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Дідур В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «АГРОФІРМА «ПОЛЕ» 5
1.1 Загальна характеристика підприємства 5
1.2 Природно-кліматичні умови господарства 6
1.3 Земельні ресурси та структура посівних площ 7
2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 9
2.1 Коротка характеристика та особливості технології вирощування і збирання озимої пшениці 9
2.2 Порівняльна оцінка сільськогосподарських агрегатів на заданих операціях 12
2.3 Розробка технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці 26
2.4 Розробка питань організації виробництва озимої пшениці 30
2.5 Призначення машини, сфера застосування та вимоги до конструкції 32
2.6 Обґрунтування модернізації та опис конструкції 33
2.7 Організація робіт із застосуванням розробленої конструкції 34
2.8 Технологічні розрахунки модернізованих вузлів жниварки 35
2.9 Розрахунки на міцність 36
2.10 Розрахунок шпонкового з'єднання 40
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 42
3.1 Загальні положення охорони праці при виробництві озимої пшениці 42
3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів 43
3.3 Вимоги безпеки під час експлуатації жниварки ЖВР-10 44
3.4 Безпека праці під час технологічного процесу виробництва озимої пшениці 45
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 47
4.1 Показники виробництва озимої пшениці 47
4.2 Розрахунок річної економії коштів, грн. 50
4.3 Термін окупності додаткових інвестицій, років 50
4.4 Розрахунок приведених капіталовкладень у розрахунку на одиницю продукції, грн/т 51
4.5 Річний економічний ефект від упровадження запропонованої технології, грн. 51
ВИСНОВОК 52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 53

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «АГРОФІРМА «ПОЛЕ»

1.1 Загальна характеристика підприємства

ТОВ «Агрофірма «Поле» є сільськогосподарським підприємством, виробнича діяльність якого спрямована на вирощування зернових, технічних та кормових культур. Основу виробничої спеціалізації господарства становить рослинництво, зокрема вирощування озимої пшениці, яка займає важливе місце у структурі посівних площ і формує значну частину товарної продукції підприємства.

Господарство функціонує в умовах ринкової економіки, де ефективність виробництва залежить від рівня використання земельних ресурсів, забезпеченості технікою, якості насіннєвого матеріалу, дотримання агротехнічних строків і раціональної організації технологічних процесів. Особливе значення для підприємства має своєчасне виконання польових робіт, оскільки порушення строків сівби, догляду або збирання озимої пшениці безпосередньо впливає на врожайність, якість зерна та економічні результати виробництва.

ТОВ «Агрофірма «Поле» має у своєму користуванні земельні угіддя, машинно-тракторний парк, виробничі приміщення, складські площі для зберігання насіння, мінеральних добрив, засобів захисту рослин і готової продукції. Основними виробничими підрозділами підприємства є рільнича бригада, машинно-тракторний підрозділ, ремонтна майстерня, зерносховище та допоміжні служби.

Головним напрямом діяльності підприємства є виробництво зерна озимої пшениці, ячменю, кукурудзи, соняшнику та інших культур. Озима пшениця є однією з найбільш цінних культур у господарстві, оскільки має стабільний попит на внутрішньому та зовнішньому ринку, використовується для продовольчих і кормових потреб, а також забезпечує підприємству значну частину грошових надходжень.

Для забезпечення ефективного виробництва озимої пшениці підприємство застосовує комплекс агротехнічних заходів, до яких належать: підготовка ґрунту, внесення мінеральних добрив, передпосівна обробка насіння, сівба в оптимальні строки, захист посівів від бур’янів, шкідників і хвороб, підживлення рослин, збирання врожаю та післязбиральна доробка зерна.

Разом із тим аналіз виробничої діяльності показує, що важливим резервом підвищення ефективності вирощування озимої пшениці є удосконалення технологічного процесу збирання врожаю. Саме на цьому етапі виникають значні втрати зерна, особливо

за умов нерівномірного достигання хлібної маси, забур’яненості посівів, підвищеної вологості або недостатньої пропускної здатності збиральної техніки. У зв’язку з цим доцільною є модернізація жниварки ЖВР-10, що дозволить підвищити якість скошування, зменшити втрати зерна та покращити продуктивність збирального агрегату..

1.2 Природно-кліматичні умови господарства

Природно-кліматичні умови району розміщення ТОВ «Агрофірма «Поле» загалом сприятливі для вирощування озимої пшениці. Культура потребує достатньої кількості вологи в осінній період для отримання дружних сходів, доброго кущення перед входом у зиму, а також помірної температури навесні для формування продуктивного стеблостою.

Клімат зони розташування господарства можна охарактеризувати як помірно континентальний. Літо переважно тепле, іноді посушливе, з нерівномірним розподілом опадів. Зима помірно холодна, з нестійким сніговим покривом. Весняний період характеризується поступовим підвищенням температури, що сприяє відновленню вегетації озимої пшениці. Однак у окремі роки можливі весняні посухи, різкі коливання температури, суховії та нестача вологи в період формування зерна.

Для озимої пшениці найбільш важливими є погодні умови в такі періоди:

- сівба та поява сходів;
- осіннє кущення;
- перезимівля рослин;
- весняне відновлення вегетації;
- вихід у трубку;
- колосіння та налив зерна;
- достигання і збирання врожаю.

Недостатня кількість вологи в період сівби може призвести до зріджених сходів, нерівномірного розвитку рослин і зниження зимостійкості. Надмірна кількість опадів під час збирання спричиняє затримку польових робіт, підвищення вологості зерна, збільшення втрат і погіршення його якості.

Ґрунтові умови господарства мають важливе значення для формування врожайності озимої пшениці. Найбільш придатними для цієї культури є родючі чорноземні ґрунти з достатнім вмістом гумусу, доброю структурою та нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Такі ґрунти забезпечують рослини поживними речовинами, сприяють розвитку кореневої системи та накопиченню продуктивної вологи.

У таблиці 1.1 наведено узагальнену характеристику природно-кліматичних умов господарства.

Таблиця 1.1 — Природно-кліматичні умови ТОВ «Агрофірма «Поле»

Показник	**Характеристика**
Кліматична зона	Помірно континентальна
Середньорічна температура повітря	7,5–9,5 °C
Сума активних температур	2800–3200 °C
Річна кількість опадів	450–600 мм
Основний тип ґрунтів	Чорноземи типові або звичайні
Вміст гумусу	3,0–4,5 %
Основні ризики	Посуха, суховії, нерівномірні опади, весняні заморозки
Придатність для озимої пшениці	Висока за умови дотримання агротехніки

Отже, природно-кліматичні умови господарства загалом дають змогу отримувати стабільні врожаї озимої пшениці. Проте коливання погодних умов потребують застосування сучасних агротехнічних прийомів, раціонального добору сортів, якісного обробітку ґрунту та своєчасного збирання врожаю.

1.3 Земельні ресурси та структура посівних площ

Земельні ресурси є основою виробничої діяльності ТОВ «Агрофірма «Поле». Від ефективності їх використання залежить рівень урожайності, обсяг валової продукції та економічна стабільність підприємства. Основну частину земельного фонду господарства становлять орні землі, які використовуються для вирощування зернових і технічних культур.

Структура посівних площ підприємства формується з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, попиту на продукцію, наявної техніки, забезпеченості трудовими ресурсами та вимог сівозміни. Важливе місце у структурі посівів займає озима пшениця, оскільки вона є високопродуктивною культурою та забезпечує стабільний прибуток.

Орієнтовну структуру посівних площ господарства наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 — Структура посівних площ ТОВ «Агрофірма «Поле»

Культура	**Площа, га**	**Частка у структурі, %**
Озима пшениця	850	34,0
Ячмінь ярий	250	10,0
Кукурудза на зерно	420	16,8
Соняшник	500	20,0
Соя	280	11,2
Кормові культури	120	4,8

Пари та інші площі	80	3,2
Усього	2500	100,0

З таблиці видно, що озима пшениця займає найбільшу частку у структурі посівних площ — близько 34 %. Це свідчить про зернову спеціалізацію господарства та високу роль цієї культури у формуванні виробничих і фінансових результатів підприємства.

Раціональна структура посівних площ має забезпечувати не лише високий рівень виробництва продукції, а й збереження родючості ґрунту. Для цього важливо дотримуватися науково обґрунтованої сівозміни, уникати надмірного насичення полів зерновими або технічними культурами, своєчасно вносити органічні й мінеральні добрива, застосовувати післяжнивні рештки для покращення структури ґрунту.

Для озимої пшениці найкращими попередниками є зернобобові, багаторічні трави, чисті та зайняті пари, рання картопля, ріпак і кукурудза на силос. Гіршими попередниками є культури, які пізно звільняють поле або значно висушують ґрунт. Порушення вимог сівозміни може призвести до зниження врожайності, поширення хвороб, збільшення забур’яненості та погіршення якості зерна.

2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Коротка характеристика та особливості технології вирощування і збирання озимої пшениці

Вирощування озимої пшениці за інтенсивною енергозберігаючою технологією передбачає комплексне поєднання агротехнічних, організаційних і технічних заходів, спрямованих на отримання стабільного врожаю зерна за раціонального використання матеріально-технічних ресурсів. Основними складовими такої технології є правильний вибір попередника, якісний основний і передпосівний обробіток ґрунту, застосування високоякісного насіннєвого матеріалу, дотримання оптимальних строків сівби, внесення добрив відповідно до потреб культури, а також своєчасний захист посівів від бур’янів, хвороб і шкідників [1, 2, 4].

В умовах нестійкого зволоження особливого значення набуває збереження продуктивної вологи в ґрунті. Для озимої пшениці це є одним із визначальних факторів, оскільки саме в осінній період формується густота сходів, розвивається коренева система та відбувається кущення рослин. Нестача вологи після сівби може спричинити затримку появи сходів, зниження польової схожості, ослаблення рослин перед зимівлею та зменшення потенційної врожайності [1, 3].

Система основного обробітку ґрунту під озиму пшеницю повинна формуватися з урахуванням попередника, типу ґрунту, ступеня його зволоження, забур’яненості поля та наявного машинно-тракторного парку. Головним завданням цього етапу є створення сприятливих умов для накопичення і збереження вологи, знищення бур’янів, заробки післяжнивних решток та підготовки поля до якісної сівби.

Після збирання ранніх попередників доцільно проводити лущення стерні або дискування. Такі операції сприяють подрібненню рослинних решток, частковому загортанню їх у ґрунт, провокуванню проростання насіння бур’янів і зменшенню випаровування вологи з поверхневого шару. Для виконання цих робіт можуть використовуватися лущильники ЛДГ-10, ЛДГ-15 або дискові борони БД-10 із глибиною обробітку 6–8 см. За наявності багаторічних коренепаросткових бур’янів ефективним є застосування плоскорізних культиваторів КПШ-5, КПШ-9 або ОПТ-3-5 [4, 5].

Вибір способу основного обробітку має бути диференційованим. На полях із достатнім зволоженням і значною кількістю рослинних решток може застосовуватися оранка, тоді як у посушливих умовах доцільніше використовувати безполицевий або мінімальний обробіток,

який краще зберігає вологу та зменшує енергетичні витрати. Раціонально підібрана система обробітку ґрунту забезпечує вирівняність поля, оптимальну щільність посівного шару та сприятливі умови для розвитку кореневої системи озимої пшениці [3, 4].

Передпосівний обробіток ґрунту є завершальним етапом підготовки поля до сівби. Його основне призначення полягає у вирівнюванні поверхні поля, створенні дрібногрудочкуватого посівного шару, збереженні вологи та забезпеченні рівномірного загортання насіння на задану глибину. Якість виконання цієї операції безпосередньо впливає на дружність сходів, густоту рослин і подальший розвиток посіву [1, 5, 6].

Після досягнення ґрунтом фізичної стиглості застосовують культиватори, зубові борони, шлейф-борони або комбіновані агрегати. Конкретний набір машин визначається станом поверхні поля, наявністю брил, рівнем ущільнення ґрунту та вимогами до глибини передпосівного обробітку. За необхідності якісне вирівнювання поля може забезпечуватися використанням зубової борони БЗТС-1,0 у складі широкозахватного агрегату зі зчіпкою СП-21 та трактором Т-150.

Важливо, щоб передпосівний обробіток не призводив до надмірного висушування посівного шару. Тому кількість проходів агрегатів повинна бути мінімально необхідною, а глибина обробітку — узгодженою з глибиною загортання насіння. Надмірне розпушення або нерівномірна структура ґрунту можуть спричинити різну глибину залягання насіння, нерівномірні сходи та зниження зимостійкості рослин [1, 6].

Сівба озимої пшениці є однією з найбільш відповідальних операцій технологічного процесу. Вона повинна виконуватися в оптимальні агротехнічні строки, які визначаються кліматичними умовами зони, вологозабезпеченням ґрунту, сортовими особливостями та станом підготовки поля. Головним завданням сівби є формування рівномірного стеблостою, здатного до доброго кущення та успішної перезимівлі [1, 2].

Для сівби використовують зернові сівалки СЗ-3,6, СЗП-3,6, СЗА-3,6 та інші агрегати, які забезпечують рівномірний висів насіння і внесення мінеральних добрив. Перед початком роботи засівають поворотні смуги, після чого виконують сівбу основної площі. Такий порядок дозволяє зменшити пропуски, забезпечити раціональну організацію руху агрегату та підвищити якість виконання операції.

Норма висіву встановлюється залежно від строків сівби, сорту, маси тисячі зерен, польової схожості, попередника та очікуваних умов перезимівлі. У разі сівби в пізні строки норму висіву, як правило, збільшують, оскільки рослини мають менше часу для осіннього

кущення. Якщо ґрунт надмірно розпушений або грудкуватий, після сівби проводять коткування, що сприяє кращому контакту насіння з ґрунтом і підтягуванню вологи до посівного шару. У випадку утворення ґрунтової кірки після опадів її руйнують легкими боронами або ротаційними мотиками [1, 5].

Догляд за посівами озимої пшениці включає систему заходів, спрямованих на підтримання оптимальної густоти рослин, забезпечення їх поживними речовинами, захист від бур’янів, хвороб і шкідників, а також створення сприятливих умов для формування продуктивного стеблостою. Ефективність догляду значною мірою залежить від своєчасності виконання операцій та правильного добору технічних засобів [1, 4].

Важливу роль у регулюванні забур’яненості відіграють агротехнічні заходи: дотримання сівозміни, якісний основний і передпосівний обробіток ґрунту, оптимальні строки сівби та правильна норма висіву. Хімічні засоби захисту рослин доцільно застосовувати як доповнення до агротехнічних прийомів, коли рівень забур’яненості або поширення шкідливих організмів перевищує економічний поріг шкодочинності [2, 4].

Для зменшення кількості бур’янів у ранні фази розвитку культури можливе проведення довсходового боронування за 4–5 днів до появи сходів середніми зубовими боронами БЗСС-1,0. На схилах таку операцію доцільно виконувати під кутом 30–45° до напряму сівби, що зменшує ризик водної ерозії та покращує якість обробітку поверхні поля.

Система удобрення озимої пшениці повинна враховувати забезпеченість ґрунту елементами живлення, заплановану врожайність і фазу розвитку рослин. Одним із ефективних прийомів є позакореневе підживлення азотними добривами, яке дозволяє покращити живлення рослин у критичні періоди розвитку та підвищити якісні показники зерна. Для внесення добрив можуть застосовуватися відповідні зернові сівалки, розкидачі або обприскувачі залежно від форми добрива і прийнятої технології [1, 3].

Збирання озимої пшениці є завершальним етапом технологічного процесу, від якого значною мірою залежить фактичний валовий збір і якість зерна. Навіть за високої врожайності порушення строків або технології збирання може призвести до значних втрат через осипання зерна, ламкість стебел, полягання хлібостою або підвищення вологості зернової маси [15, 23].

Збирання може виконуватися прямим комбайнуванням або роздільним способом. Пряме комбайнування доцільне за рівномірного достигання посівів, помірної вологості зерна і відсутності значної забур’яненості. Роздільний спосіб застосовують у випадках

нерівномірного достигання хлібостою, підвищеної вологості, забур'яненості або потреби в попередньому підсушуванні стеблової маси у валках [15, 23].

Для збирання озимої пшениці використовують зернозбиральні комбайни СК-5, СК-6, «Дон-1200», «Дон-1500» та інші машини. У сучасних умовах також застосовуються імпортні комбайни, які мають вищу пропускну здатність, кращу якість очищення зерна та нижчий рівень втрат. Разом із тим ефективність збирання залежить не лише від марки комбайна, а й від правильного налаштування робочих органів, технічного стану жатки, швидкості руху агрегату та організації транспортування зерна від комбайна [5, 15, 23].

У межах даної роботи особливе значення має удосконалення технологічного процесу збирання озимої пшениці шляхом модернізації жниварки ЖВР-10. Поліпшення конструкції цієї машини дозволить підвищити якість скошування, забезпечити рівномірніше укладання стеблової маси у валок, зменшити втрати зерна та покращити умови подальшого підбирання валків зернозбиральним комбайном [5, 6, 23].

2.2 Порівняльна оцінка сільськогосподарських агрегатів на заданих операціях

Порівняльна оцінка сільськогосподарських агрегатів є важливим етапом проєктування технологічного процесу виробництва озимої пшениці. Вона дає змогу обґрунтовано вибрати склад машинно-тракторних агрегатів для виконання основних операцій: основного обробітку ґрунту, передпосівної підготовки, сівби, догляду за посівами, збирання врожаю та післязбиральної доробки зерна. Добір агрегатів повинен здійснюватися з урахуванням агротехнічних вимог, технічних характеристик машин, тягових можливостей тракторів, продуктивності, витрат палива, трудомісткості та прямих експлуатаційних витрат [1, 4, 8].

У технологічній карті вирощування озимої пшениці кожна операція повинна бути забезпечена таким агрегатом, який здатний виконати роботу в установлені агротехнічні строки та з необхідною якістю. Недостатня продуктивність машин або неправильний добір трактора до знаряддя може призвести до затримки виконання операцій, перевитрати палива, погіршення якості обробітку ґрунту, нерівномірної сівби або збільшення втрат під час збирання [7, 8, 9].

Вибір машинно-тракторного агрегату доцільно виконувати не лише за технічною можливістю агрегатування, а й за показниками ефективності його роботи. Для цього порівнюють кілька альтернативних варіантів агрегатів, які можуть виконувати одну й ту

саму технологічну операцію. Перевагу надають тому варіанту, який забезпечує потрібну якість роботи, вищу продуктивність, меншу питому витрату палива та нижчі експлуатаційні витрати [7, 9, 10].

Основними критеріями порівняльної оцінки агрегатів є:

– відповідність агротехнічним вимогам;
– робоча швидкість руху;
– ширина захвату агрегату;
– змінна та годинна продуктивність;
– коефіцієнт використання тягових можливостей трактора;
– питома витрата палива;
– витрати праці на одиницю площі;
– прямі експлуатаційні витрати;
– надійність і простота технічного обслуговування;
– можливість використання наявної техніки підприємства [7, 8, 17, 18].

Для енергоємних операцій, зокрема оранки, глибокого розпушування або важкої культивації, важливим є правильне узгодження тягового класу трактора з питомим опором знаряддя. Якщо трактор має недостатнє крюкове зусилля, агрегат працюватиме з перевантаженням, що спричинить зниження швидкості руху, збільшення буксування, перевитрату палива та зменшення продуктивності. Якщо ж трактор надмірно потужний для даного знаряддя, його тягові можливості використовуються неповністю, що також знижує економічну ефективність роботи [7, 17].

Для менш енергоємних операцій, таких як боронування, передпосівна культивація, сівба або транспортування матеріалів, доцільно застосовувати трактори нижчих тягових класів або широкозахватні агрегати, які дозволяють підвищити продуктивність за помірних витрат палива. При цьому необхідно враховувати стан поля, довжину гону, ухил поверхні, вологість ґрунту, глибину обробітку та норму внесення технологічного матеріалу [8, 9, 10].

Під час добору агрегатів для сівби озимої пшениці особливу увагу приділяють рівномірності висіву, стабільності глибини загортання насіння, можливості одночасного внесення мінеральних добрив і відповідності продуктивності агрегату агротехнічним строкам. Затримка сівби навіть на кілька днів може негативно вплинути на кущення рослин, зимостійкість і майбутню врожайність [1, 2, 5].

Для збирання врожаю добір техніки повинен забезпечувати мінімальні втрати зерна, високу продуктивність і стабільну якість обмолоту. При цьому враховують урожайність культури, вологість зерна, стан стеблостою, забур'яненість, спосіб збирання та пропускну здатність комбайна. У разі застосування роздільного способу особливого значення набуває якість роботи валкової жниварки, оскільки від рівномірності формування валка залежить подальша робота комбайна з підбирачем [15, 23].

У даній роботі для виконання основних технологічних операцій розглядаються альтернативні варіанти агрегатів. Для оранки можуть застосовуватися агрегати на базі тракторів Т-150, Т-150К або ДТ-75 із плугами відповідної ширини захвату. Для культивації з боронуванням розглядаються агрегати з культиваторами КПС-4 і зубовими боронами БЗСС-1,0. Для сівби з внесенням мінеральних добрив застосовуються зернові сівалки СЗ-5,4, СЗП-3,6 та інші машини. Для збирання врожаю порівнюються варіанти використання зернозбиральних комбайнів ДОН-1500, СК-5А, СК-6-11 у поєднанні з транспортними засобами [5, 8, 9].

Порівняльна оцінка зазначених варіантів дає можливість встановити найбільш раціональний склад агрегатів для умов ТОВ «Агрофірма «Поле». При цьому враховуються не лише технічні параметри машин, а й фактичні виробничі умови підприємства: площа посівів, строки виконання робіт, забезпеченість механізаторами, наявність ремонтної бази, витрати пального та можливість своєчасного технічного обслуговування [8, 10, 18].

Таким чином, обґрунтований вибір сільськогосподарських агрегатів є необхідною умовою підвищення ефективності технологічного процесу виробництва озимої пшениці. Раціональне поєднання енергетичних засобів і робочих машин дозволяє скоротити строки виконання польових робіт, знизити питомі витрати палива, зменшити трудомісткість операцій і підвищити якість виконання технологічних процесів [7, 8, 17].

2.2.1 Добір альтернативних варіантів агрегатів

Для виконання технологічних операцій прийнято такі альтернативні варіанти агрегатів:

- для операцій: Оранка

Т – 150 + ПЛН-5-35 1-й варіант

Т – 150К + ПЛН-5-40 2-й варіант

ДТ-75+ПЛН-4-35 3-й варіант

- для операції: Культивація з боронуванням

Т – 150 +КПС-4+БЗСС-1,0 1-й варіант

ДТ-75М+КПС-4+БЗСС-1,0+СП-11 2-й варіант

МТЗ-80+КПС-4+БЗСС-1,0 3-й варіант

- для операції: Посів з внесенням мінеральних добрив

Т – 150 +СЗ-5,4 1-й варіант

Т-150К+СЗП-3,6+СП-11 2-й варіант

МТЗ-80+СЗП-3,6 3-й варіант

- для операції: Пряме комбайнування

ДОН-1500+2ПТС-40 1-й варіант

СК-5А+2ПТС-40 2-й варіант

СК-6-11+2ПТС-40 3-й варіант

2.2.2 Визначення оптимального складу, швидкості руху та годинної витрати палива для альтернативних агрегатів

1. Визначення можливих робочих передач трактора.

Допустимі робочі передачі в конкретному агрегаті встановлюються за умовою відповідності тягових можливостей трактора опору знаряддя з урахуванням агротехнічних вимог до швидкості виконання операції.

$$max\ (V_{amink}) \geq V_{pHj} \geq min\ (V_{amaxk}), k = 1 \dots N_{BM}\ , j = N \dots \text{M} \qquad (2.1)$$

де V_{amink}, V_{amaxk} – відповідно мінімальна і максимальна допустимі агротехнічні швидкості роботи сільськогосподарської машини k-ої марки, км/год;

V_{pHj} – номінальна робоча швидкість трактора на j-ій передачі, км/год;

N_{BM} – кількість марок сільськогосподарських машин або знарядь, що входять до складу агрегату;

N, М – номери відповідно найнижчої та найвищої допустимих робочих передач трактора.

Значення швидкостей V_{amink} та V_{amaxk} приймаються за паспортними даними відповідних машин [7], а величина V_{pHj} визначається за тяговою характеристикою обраного трактора для заданого агрофону [7].

Згідно з формулою (2.1) межі агротехнічно допустимих швидкостей становлять:

- для операції: Пряме комбайнування від 3 км/год. до 7,2 км/год.;
- для операції: Посів з внесенням мінеральних добрив від 6 км/год до 12 км/год;
- для операції: Культивація з боронуванням від 6 км/год до 10 км/год;
- для операції: Оранка від 6 км/год до 10 км/год;

Приклад виконання розрахунків наведено для технологічної операції оранки. Для тракторів, які можуть застосовуватися в даному процесі, основні показники їх тягових характеристик (за умов агрофону «стерня») узагальнюються та вносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри тягових характеристик тракторів на агрофоні «стерня»

Марка трактора	Робоча передача, j	Номінальне крюкове зусилля $P_{крнj}$, кН	Швидкість руху, км/год		Годинна витрата палива, кг/год		Максимальна крюкова потужність $N_{крmaxj}$, кВт
			Номінальна робоча $V_{рHj}$	На холостому ході трактора V_{xxi}	Номінальна робоча G_{THj}	На холостому ході трактора G_{xxi}	
Т-150К	1	41,6	7,75	9,7	29,7	9,75	89,6
	2	35,8	9,3	11,4	29,8	10,4	92,5
ДТ-75	3	27,2	6,1	6,7	15,3	5,6	45,0
	4	22,9	6,8	7,5	15,2	5,9	42,4
	5	19,0	7,6	8,3	15,1	6,2	39,2
	6	15,7	8,4	9,3	15,1	6,7	35,9

2) Визначення питомого тягового опору сільськогосподарської машини на можливих робочих передачах трактора, кН/м.

$$K_v = K_0 \cdot h \cdot [1 + 0{,}006 \cdot (V_\text{р} - V_\text{Н})] \quad (2.2\text{а})$$

де K_0 – питомий тяговий опір сільськогосподарської машини k-ої марки за базової швидкості $V_\text{Н} = 5$ км/год, кН/м [4];

h – глибина оранки, м.

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35:

– на 1-й передачі:

$$K_v = 60 \cdot 0{,}27 \cdot \big(1 + 0{,}006(7{,}752 - 5)\big) = 19{,}6 \text{ кН/м}$$

– на 2-й передачі:

$$K_v = 60 \cdot 0{,}27 \cdot \big(1 + 0{,}006(9{,}32 - 5)\big) = 22{,}18 \text{ кН/м}$$

3) Визначення граничної ширини захвату на можливих робочих передачах трактора (для простого та комплексного МТА), м.

$$B_{npj} = \frac{[\xi_p] \cdot P_{kpHj} - G \cdot i/100}{\sum_{k=1}^{N_{BH}} (K_{vjk} + g_{Hk} \cdot \frac{i}{100} + g_{зч} \cdot (f_{зч} + i/100))} \quad (2.2)$$

де $[\xi_p]$ – допустимий коефіцієнт використання тягових можливостей трактора [7];

G – експлуатаційна маса (вага) трактора, кН [7];

i – поздовжній ухил поверхні поля, % [7];

$f_{зч}$ – коефіцієнт опору перекочуванню зчіпного пристрою [7];

g_{Hk}, $g_{зч}$ – середня вага на 1 м ширини захвату відповідно сільськогосподарської машини k-ої марки та зчіпки, кН/м.

$$д_{нк} = (G_{нк} + 0{,}01 \sum_{i=1}^{N_{нк}} V_{мк1} \cdot \gamma_{м1} + G_{нк})/В_{нк} \quad (2.3а)$$

$$д_{зч} = G_{зч}/В_{зч} \quad (2.3б)$$

де $G_{нк}$, $G_{зч}$ – конструктивна вага відповідно сільськогосподарської машини (знаряддя) k-ої марки та зчіпки (зчіпку враховують у разі, якщо для заданого трактора очікувана кількість машин цієї марки більша за 1; див. [7]), кН;

$В_{нк}$, $В_{зч}$ – конструктивна ширина захвату відповідно машини (знаряддя) k-ої марки та зчіпки, м [7];

$N_{нк}$ – кількість видів технологічного матеріалу, що розміщується в машині k-ої марки (насіння, добрива тощо);

$V_{мк1}$ – місткість бункера (ємності) машини k-ої марки для технологічного матеріалу 1-го виду, м³ [7];

$\gamma_{м1}$ – об’ємна маса технологічного матеріалу 1-го виду, кг/м³ [7];

$G_{нк}$ – середня вага додаткового навантаження на машині k-ої марки (ґрунт, технологічний матеріал, обслуговуючий персонал тощо), кН.

Для плуга ПЛН-5-35 питомий показник:

$$g_{мк} = \frac{8{,}0}{1{,}75} = 4{,}36 \text{ кН}$$

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35 гранична ширина захвату становить:

– на 1-й передачі:

$$В_{гр} = 0{,}86 \cdot \frac{41{,}6 - 76 \cdot 0{,}02}{19{,}6 + 4{,}36 \cdot 0{,}02} = 1{,}75 \text{ м}$$

– на 2-й передачі:

$$В_{гр} = 0{,}86 \cdot \frac{35{,}8 - 76 \cdot 0{,}02}{22{,}18 + 4{,}36 \cdot 0{,}02} = 1{,}32 \text{ м}$$

4) Для орного МТА визначаємо необхідну кількість корпусів плуга.

$$n_{корnj} = \text{ціле}\{\frac{[\xi_р] \cdot (P_{nрнj} - G \cdot \frac{i}{100})}{R_{корnj}}\} \quad (2.4)$$

$$R_{корnj} = K_{vj} \cdot B_{корnj} + 0{,}01 \cdot G_{nлj} \cdot G_n \cdot \frac{i}{N_{nлj}} \quad (2.5)$$

де $R_{корnj}$ – тяговий опір одного корпуса плуга, кН;

$B_{\text{кор}nj}$, $N_{плj}$, $G_{плj}$ – відповідно ширина захвату одного корпуса, м, кількість корпусів та конструктивна вага плуга, кН;

G_n – коефіцієнт, що враховує додаткову масу ґрунту, яка утримується на корпусі плуга; приймається $G_n = 1{,}2$.

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35 подальші розрахунки виконуються з урахуванням наведених параметрів плуга та тягових можливостей трактора з метою визначення раціональної кількості корпусів і перевірки працездатності агрегату на заданих робочих передачах.

$$R_{\text{кор}nj1} = 19{,}6 \cdot 0{,}35 + 0{,}01 \cdot 8 \cdot 1{,}2 \cdot \frac{2}{5} = 6{,}89 \text{ кН}$$

$$R_{\text{кор}nj2} = 22{,}18 \cdot 0{,}35 + 0{,}01 \cdot 8 \cdot 1{,}2 \cdot \frac{2}{5} = 7{,}8 \text{ кН}$$

$$n_{\text{кор}n1} = \left\{ \frac{0{,}86 \cdot \left(41{,}2 - 76 \cdot \frac{2}{100}\right)}{6{,}89} \right\} = 5{,}02$$

За результатами розрахунків та з урахуванням стандартної комплектації плуга приймаємо кількість корпусів: $n_1 = 5$.

$$n_{\text{кор}n2} = \left\{ \frac{0{,}86 \cdot \left(35{,}8 - 76 \cdot \frac{2}{100}\right)}{7{,}8} \right\} = 3{,}78$$

Приймаємо кількість корпусів для другого варіанта агрегату: $n_2 = 4$.

5) Вибір робочої передачі та визначення робочої швидкості трактора

Попередній вибір робочої передачі здійснюється за умовою максимально раціонального використання тягових можливостей трактора:

$$\xi_{PL} = \max(\xi_{pj}) < [\xi_p], j = N \ldots M \tag{2.6}$$

$$\xi_{pj} = \frac{R_{aj}}{P_{\text{крн}j} - G \cdot i/100} \tag{2.7}$$

де L – номер обраної робочої передачі трактора;

R_{aj} – сумарний тяговий опір машинно-тракторного агрегату на j-й передачі трактора, кН.

$$R_{aj} = R_{\text{кор}nj} \cdot n_{\text{кор}nj} \tag{2.8}$$

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35 отримано такі значення сумарного тягового опору:

– на 1-й передачі:

$$R_{a1} = 6{,}89 \cdot 5 = 34{,}45 \text{ кН}$$

– на 2-й передачі:

$$R_{a2} = 7{,}8 \cdot 3 = 23{,}4 \text{ кН}$$

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35 коефіцієнт використання тягових можливостей трактора становить:

– на 1-й передачі:

$$\xi_{\text{р}} = \frac{34{,}45}{41{,}6 - 76 \cdot 0{,}02} = 0{,}86$$

– на 2-й передачі:

$$\xi_{\text{р}} = \frac{23{,}4}{35{,}8 - 76 \cdot 0{,}02} = 0{,}068$$

Надалі розрахунки виконуємо для першої робочої передачі. Остаточний вибір основної передачі здійснюється за критерієм досягнення максимального значення «чистої» годинної продуктивності машинно-тракторного агрегату:

$$W_{\text{гчL}} = \max(W_{\text{гчі}}), j = N \dots M \quad (2.9)$$

$$W_{\text{гчі}} = 0{,}1 \cdot B_{pj} \cdot V_{pj} \quad (2.10)$$

де B_{pj} – фактична робоча ширина захвату машинно-тракторного агрегату на j-й передачі трактора, м;

V_{pj} – робоча швидкість руху МТА на j-й передачі трактора, км/год, яка визначається за тяговою характеристикою трактора або розраховується за відповідною залежністю.

$$V_{pj} = V_{\text{рн}j} + (V_{xxj} - V_{\text{рн}j}) \cdot (1 - \xi_{pj}) \quad (2.11)$$

де V_{xxj} – швидкість холостого ходу трактора на j-й передачі, км/год (визначається за даними таблиці 2.1).

Робочу ширину захвату агрегату визначають за співвідношенням:

$$B_{pj} = \text{В}_{\text{кор}nj} \cdot n_{\text{кор}nj} \cdot \beta \quad (2.12)$$

де β – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату відповідної сільськогосподарської машини (знаряддя); для даних умов приймається $\beta = 1{,}05$[7].

Для агрегату Т-150К + ПЛН-5-35 подальші розрахунки робочої ширини захвату виконуються з урахуванням наведеного коефіцієнта.

$$B_{pj} = 0{,}35 \cdot 5 \cdot 1{,}05 = 1{,}84 \text{ м}$$

$$V_{pj} = 7{,}75 + (9{,}7 - 7{,}75) \cdot (1 - 0{,}86) = 8{,}02 \text{ км/год}$$

$$W_{\text{гчі}} = 0{,}1 \cdot 1{,}84 \cdot 8{,}02 = 1{,}48 \text{ га/год}$$

2.2.3 Розрахунок показників ефективності роботи агрегатів

1) Визначення питомої витрати палива на вибраній робочій передачі, кг/год

На даному етапі розрахунків встановлюють витрати палива машинно-тракторного агрегату при роботі на обраній передачі:

$$G_{mpL} = (G_{mнL} - G_{mxxL}) \cdot (1 - G_{pL}) \quad (2.13)$$

де G_{mpL} – годинна витрата палива трактора в режимі холостого ходу на обраній робочій передачі, кг/год.

$$G_{mpL} = 29{,}7 - (29{,}7 - 9{,}75) \cdot (1 - 0{,}86) = 26{,}91 \text{ кг/год}$$

2) Визначення швидкості руху МТА в режимі холостого ходу

$$R_{ax} = \sum_{k=1}^{N} G_{mpL} \cdot n_{mpL} \cdot (f - \frac{i}{100}) \quad (2.14)$$

де f – коефіцієнт опору перекочуванню коліс трактора по поверхні поля.

$$R_{ax} = 8 \cdot 1 \cdot \left(0{,}06 - \frac{2}{100}\right) = 0{,}64 \text{ кН}$$

3) Вибір передачі трактора за заданою умовою

$$\xi_{px} = \max\left(\frac{R_{ax}}{R_{крнj} - G \cdot \frac{i}{100}}\right) \leq [\xi_p] \quad (2.15)$$

$$\xi_{px} = \frac{0{,}64}{26{,}9 - 76 \cdot \frac{2}{100}} = 0{,}025 \leq [0{,}08]$$

Приймаємо для роботи четверту передачу трактора.

4) Визначення коефіцієнтів використання змінного часу для альтернативних варіантів агрегатів:

$$\tau = \frac{t_р \cdot n_{прц} \cdot n_ц}{t_ц \cdot n_ц \cdot T_{нц}} \quad (2.16)$$

де $t_р$ – середня тривалість одного робочого проходу агрегату по полю, хв;

$n_ц$, $n_{прц}$ – відповідно загальна кількість виробничих циклів за зміну та кількість проходів агрегату в межах одного циклу;

$t_ц$, $T_{нц}$ – тривалість одного циклу та сумарна тривалість усіх нециклових операцій протягом зміни, хв.

$$\tau = \frac{5{,}67 \cdot 2 \cdot 20}{16{,}45 \cdot 20 \cdot 90} = 0{,}54$$

$$t_р = 0{,}06 \cdot L_{pcp}/V_p \quad (2.17)$$

де L_{pcp} – середня довжина одного робочого проходу машинно-тракторного агрегату по полю, м.

$$L_{pcp} = L_p = L - \mathrm{E}_n \quad (2.18)$$

де L – довжина поля, м;

C – ширина поля, м;

E_n – ширина поворотної смуги, м.

$$\mathrm{E}_n = n_{np} \cdot B_p \leq E_{nmin} \quad (2.18)$$

де E_{nmin} – мінімально допустима ширина поворотної смуги, м.

$$E_{nmin} = K_e \cdot R_0 + e + d_\text{к} \quad (2.21)$$

де K_e – коефіцієнт, що враховує спосіб виконання повороту агрегату; для схеми з однобокою петлею приймається $K_e = 2{,}6$;

R_0 – радіус повороту машинно-тракторного агрегату, м;

e – довжина виїзду агрегату під час повороту, м, яка визначається як $e = 0{,}1$;

$d_\text{к}$ – кінематична ширина агрегату із зовнішнього боку повороту, м, що обчислюється за залежністю $d_\text{к} = 0{,}5\ \mathrm{B_р}$м.

$$l_a = l_m + l_\text{зч} + l_\text{м} \quad (2.22)$$

де $l_a, l_m, l_\text{зч}$ – кінематична довжина відповідно енергетичного засобу, сільськогосподарської машини (знаряддя) та зчіпки, м.

$$l_a = 2{,}9 + 4{,}3 = 7{,}2 \text{ м}$$

$$e = 0{,}1 \cdot 7{,}2 = 0{,}72 \text{ м}$$

$$E_{nmin} = 2{,}6 \cdot 70 + 0{,}72 + 0{,}875 = 19{,}8 \text{ м}$$

$$n_{np} \geq \frac{19{,}8}{1{,}75} = 11{,}3 = 12 \text{ м}$$

$$E_n = 12 \cdot 1{,}75 = 21\text{м} \leq E_{nmin} = 19{,}8 \text{ м}$$

$$L_{pcp} = L_p = 800 - 2 \cdot 21 = 758 \text{ м}$$

$$t_p = 0{,}06 \cdot \frac{758}{8{,}02} = 5{,}67 \text{ хв}$$

5) Визначення кількості циклів роботи агрегату за зміну

$$n_\text{ц} = \text{ціле}[(\mathrm{T_{см}} - \mathrm{T_{нц}})/t_\text{ц} + 0{,}5] \quad (2.23)$$

де $\mathrm{T_{см}}$ – тривалість робочої зміни, хв; для даних розрахунків приймається $\mathrm{T_{см}} = 420$ хв.

$$\mathrm{T_{нц}} = t_\text{в1} + t_\text{в2} + t_\text{х} + t_\text{ТО} + t_\text{ф} \quad (2.24)$$

де $t_\text{в1}, t_\text{в2}$ – тривалість переїзду агрегату відповідно на поле та з поля, хв.

$$t_\text{в1} = t_\text{в2} = \frac{0{,}06 \cdot L_n}{V_n} \quad (2.25)$$

$$t_{в1} = t_{в2} = \frac{0,06 \cdot 4}{12,4} = 19,5 \text{ хв}$$

$$t_ц = \left(t_р + t_х + t_{оч}\right) \cdot n_{прц} + t_з \quad (2.26)$$

де $t_х$ – середня тривалість одного повороту агрегату, хв;

$t_{оч}$ – середня тривалість очищення робочих органів у розрахунку на один робочий прохід; приймається в межах $t_{оч} = 0 \ldots 5$ хв;

$t_з$ – тривалість зупинки для заправлення технологічних ємкостей; для операції оранки приймається $t_з = 0$ хв.

Кількість проходів агрегату в одному циклі приймаємо рівною $n_{прц} = 2$.

$$t_х = \frac{0,06 \cdot L_x}{V_x} \quad (2.27)$$

де $L_{хст}$ – середня довжина траєкторії одного повороту машинно-тракторного агрегату, м.

$$L_{хср} = К_х \cdot R_0 + 2 \cdot e + X_{ср} \quad (2.28)$$

де $К_х$ – коефіцієнт, що враховує спосіб виконання повороту агрегату; для схеми з однобокою петлею приймається в межах $К_х = 6,0 \ldots 7,5$;

$X_{ср}$ – середня довжина прямолінійної ділянки траєкторії повороту, м.

$$X_{ср} = \frac{С_з}{2} - R_0 \quad (2.29)$$

де $С_з$ – розрахункова ширина зчіпки, м, яка визначається залежно від складу агрегату та умов його агрегатування.

$$С_з = 2 \cdot В_р \cdot \text{ціле}\left(\frac{0,5 \cdot С_{зопт}}{В_р} + 0,9\right) \quad (2.30)$$

де $С_{зопт}$ – оптимальна ширина загінки, м, яка забезпечує раціональну організацію руху агрегату та мінімальні втрати часу на повороти.

$$С_{зопт} = \sqrt{16 \cdot R^2 + 2 \cdot B_p \cdot L_p} \quad (2.31)$$

$$С_{зопт} = \sqrt{16 \cdot 7^2 + 2 \cdot 1,75 \cdot 758} = 58,6 \text{ м}$$

$$С_з = 2 \cdot 1,75 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 58,6}{1,75} + 0,9\right) = 61,75 \text{ м}$$

$$Х_{ср} = \frac{61,75}{2} - 7 = 23,9 \text{ м}$$

$$L_{хср} = 6,5 \cdot 7,0 + 2 \cdot 0,72 + 23,9 = 70,84 \text{ м}$$

$$t_x = \frac{0,06 \cdot 70,84}{8} = 0,53 \text{ хв}$$

$$t_ц = (5,67 + 0,53 + 2) \cdot 2 + 0 = 16,4 \text{ хв}$$

$$n_{\text{ц}} = (420 - 90)/16{,}4 + 0{,}5 = 20{,}6$$

Приймаємо кількість циклів роботи агрегату за зміну рівною 20.

Фактична тривалість робочої зміни визначається як:

$$\text{Т}^{*}_{\text{зм}} = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} + \text{Т}_{\text{нц}} \tag{2.33}$$

$$\text{Т}^{*}_{\text{зм}} = 16{,}4 \cdot 20 + 90 = 418 \text{ хв}$$

6) Визначення технічної продуктивності агрегату

Годинна технічна продуктивність:

$$W_{m\text{ч}} = 0{,}1 \cdot \text{В}_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot \tau \tag{2.34}$$

$$W_{m\text{ч}} = 0{,}1 \cdot 1{,}75 \cdot 8{,}02 \cdot 0{,}54 = 0{,}76 \text{ га/год}$$

Змінна технічна продуктивність:

$$W_{m\text{ч}} = \frac{W_{m\text{ч}} \cdot \text{Т}^{*}_{\text{зм}}}{60} \tag{2.35}$$

$$W_{m\text{ч}} = \frac{0{,}76 \cdot 418}{60} = 5{,}3 \text{ га/зм}$$

7) Визначення питомих витрат палива

$$g_w = \frac{G_{mp} \cdot T_p + G_{mx} \cdot T_x + G_{mo} \cdot T_o}{60 \cdot W_{m\text{см}}} \tag{2.36}$$

де G_{mp}, G_{mx}, G_{mo} – годинна витрата палива машинно-тракторним агрегатом відповідно під час роботи, холостого ходу та зупинок, кг/год;

T_p, T_x, T_o – сумарна тривалість за зміну відповідно часу роботи, холостого ходу та зупинок, хв.

$$T_p = \text{Т}^{*}_{\text{зм}} \cdot \tau \tag{2.37}$$

$$T_p = 418 \cdot 0{,}54 = 226 \text{ хв}$$

$$T_x = t_x \cdot n_{npc} \cdot n_{\text{ц}} + t_{\text{в1}} + t_{\text{в2}} \tag{2.38}$$

$$T_x = 0{,}53 \cdot 2 \cdot 20 + 19{,}5 + 19{,}5 = 60{,}2 \text{ хв}$$

$$T_{\text{о}} = \left(t_{\text{оч}} \cdot n_{npц} + t_{\text{з}}\right) \cdot n_{\text{ц}} + t_{\text{к}} + t_{mo} + t_{\text{ф}} \tag{2.39}$$

$$T_{\text{о}} = (2 \cdot 2 + 0) \cdot 20 + 20 + 18 + 13 = 131 \text{ хв}$$

$$g_w = \frac{26{,}91 \cdot 226 + 8{,}73 \cdot 60{,}2 + 3{,}1 \cdot 131}{60 \cdot 5{,}3} = 22{,}1 \text{ кг/га}$$

8) Визначення витрат праці

$$\text{З}_m = \frac{m}{W_{m\text{ч}}} \tag{2.40}$$

де m – чисельність обслуговуючого персоналу, задіяного в роботі машинно-тракторного агрегату, осіб.

$$З_m = \frac{1}{0,76} = 1,32 \text{ люд.год/га}$$

9) Визначення прямих експлуатаційних витрат, грн/га

$$U_w = \frac{C_m + \sum_{к=1}^{N_{вн}} n_{мк} \cdot С_{мк} + С_{зч}}{W_{mч}} + S_{nмм} + S_{зп} \quad (2.41)$$

де $C_m, С_{мк}, С_{зч}$ – вартість однієї години експлуатації відповідно енергетичного засобу, сільськогосподарської машини (знаряддя) k-го виду та зчіпки, грн/год;

$S_{nмм}, S_{зп}$ – питомі витрати відповідно на паливно-мастильні матеріали (ПММ) та оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га.

$$C_m = 0,01 \cdot Б_m \cdot (a_{рm} + a_{кг} + a_{рmохm})/Т_{нm} \quad (2.42а)$$

$$С_{мк} = 0,01 \cdot Б_{мк} \cdot (a_{рмк} + a_{кнк} + a_{рmомк})/Т_{нмк} \quad (2.42б)$$

$$С_{зч} = 0,01 \cdot Б_{зч}(a_{рзч} + a_{рmохзч})/Т_{нзч} \quad (2.42в)$$

де $Б_m$, $Б_{мк}$, $Б_{зч}$ – балансова вартість відповідно енергетичного засобу, сільськогосподарської машини (знаряддя) k-го типу та зчіпки, грн;

$a_{рm}$, $a_{рмк}$, $a_{рзч}$ – норми відрахувань від балансової вартості на реновацію (відновлення початкової вартості) відповідно для енергетичного засобу, сільськогосподарської машини (знаряддя) k-го типу та зчіпки [7];

$a_{кг}$, $a_{кнк}$ – норми відрахувань від балансової вартості на капітальний ремонт відповідно для енергетичного засобу та сільськогосподарської машини (знаряддя) k-го типу [7], %;

$a_{рmохm}$, $a_{рmохm}$, $a_{рmохзч}$ – відсоткові відрахування від балансової вартості на поточний ремонт, технічне обслуговування та зберігання відповідно для енергетичного засобу, сільськогосподарської машини (знаряддя) k-го типу та зчіпки [7], %;

$Т_{нm}$, $Т_{нмк}$, $Т_{нзч}$ – нормативне річне напрацювання (завантаження) відповідно енергетичного засобу, сільськогосподарської машини (знаряддя) k-го типу та зчіпки [7], год.

$$C_m = 0,01 \cdot 25000 \cdot \frac{1,25+7+22}{1350} = 7,7 \text{ грн/год}$$

$$С_{мк} = 0,01 \cdot \frac{5000(12,5+27+0)}{480} = 4,1 \text{ грн/год}$$

$$S_{nмм} = g_w \cdot Ц_{nмм} \quad (2.42)$$

де $Ц_{nмм}$ – комплексна ціна паливно-мастильних матеріалів, яка враховує вартість основного палива та супутніх мастильних матеріалів; для розрахунків приймається $Ц_{nмм} = 5,7$ грн/кг.

$$S_{nмм} = 22,1 \cdot 5,7 = 66,3 \text{ грн/га}$$

$$S_{зп} = К_з(К_{нк} \cdot m_m \cdot Y_m + m_g \cdot Y_g)/W_{нзм} \quad (2.43)$$

де $К_з$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату (соціальні відрахування, пенсійні внески тощо); для розрахунків приймається $К_з = 1{,}52$;

$К_{нк}$ – коефіцієнт, який ураховує доплату за класність механізатора: для 1-го класу $К_{нк} = 1{,}2$, для 2-го класу $К_{нк} = 1{,}1$;

m_m, m_g – чисельність працівників у складі агрегату відповідно механізаторів та допоміжного персоналу, осіб;

Y_m, Y_g – змінна тарифна ставка відповідно для механізатора та допоміжного робітника згідно з тарифним розрядом [9,10], грн/зміну.

$$S_{зп} = \frac{1{,}52(1{,}2 \cdot 1 \cdot 7{,}5 + 1 \cdot 0)}{5{,}3} = 2{,}58 \text{ грн/га}$$

$$U_w = \frac{7{,}7 + 4{,}1 + 0}{0{,}76} + 33{,}15 + 2{,}58 = 51{,}3 \text{ грн/га}$$

2.2.4 Порівняльна оцінка варіантів агрегатів

Порівняльна оцінка варіантів машинно-тракторних агрегатів здійснюється без посилання на додатки, на основі техніко-експлуатаційних показників, отриманих у процесі розрахунку для кожної технологічної операції. Для цього аналізують можливі склади агрегатів, які можуть бути використані під час основного обробітку ґрунту, передпосівної культивації, сівби, догляду за посівами та збирання озимої пшениці.

Оцінювання проводиться за такими основними показниками: продуктивність агрегату, робоча швидкість руху, ширина захвату, питома витрата палива, витрати праці, прямі експлуатаційні витрати та відповідність агротехнічним вимогам. Важливо, щоб обраний агрегат не лише забезпечував високу продуктивність, а й виконував операцію якісно, у встановлені строки та з мінімальними витратами ресурсів.

Під час порівняння враховується, що агрегати з більшою шириною захвату та вищою робочою швидкістю, як правило, мають більшу годинну продуктивність. Однак їх використання є доцільним лише за умови раціонального завантаження трактора, допустимого рівня витрат палива та відповідності умовам конкретного поля. Надмірно потужний трактор у складі агрегату може використовуватися неефективно, а недостатньо потужний — працювати з перевантаженням, що призводить до зниження продуктивності, збільшення буксування та перевитрати палива.

Для вибору найбільш раціонального варіанта перевага надається тому агрегату, який забезпечує оптимальне поєднання продуктивності, економічності та якості виконання роботи. Якщо кілька варіантів мають близькі показники продуктивності, доцільно обирати

той, що має меншу питому витрату палива, нижчі експлуатаційні витрати та краще відповідає наявному машинно-тракторному парку господарства.

Отже, порівняльна оцінка агрегатів дозволяє обґрунтувати вибір найбільш ефективного складу машин для умов ТОВ «Агрофірма «Поле». Раціонально підібрані агрегати забезпечують своєчасне виконання технологічних операцій, зменшення витрат пального, скорочення трудомісткості та підвищення загальної ефективності виробництва озимої пшениці.

2.2.5 Вибір решти агрегатів

Для операцій, що виконуються в межах одного технологічного потоку (зокрема для передпосівного обробітку ґрунту, транспортування насіння й добрив та сівби), доцільно застосовувати трактори різних марок. Такий підхід дозволяє уникнути пікової потреби в одному типі енергетичних засобів і підвищує рівномірність завантаження машинно-тракторного парку.

Кількість машин-знарядь у складі агрегату, а також типові норми виробітку і витрат палива приймаються за довідковими джерелами [9,10] з урахуванням глибини обробітку, норм внесення матеріалів (урожайності), довжини гону, типу ґрунту, ухилу поверхні полів та інших виробничих чинників. Марка зчіпки обирається з умови забезпечення можливості агрегатування необхідної кількості машин-знарядь.

2.3 Розробка технологічної карти на вирощування та збирання озимої пшениці

2.3.1 Підготовка таблиці технологічної карти

Технологічна карта оформлюється у вигляді таблиці, що містить 24 графи, з яких графи 1–15 заповнюються вихідними даними, прийнятими в попередніх розділах. Тривалість роботи протягом доби на початковому етапі розрахунків приймається рівною 14 годинам в одну зміну. Форма технологічної карти наведена у вигляді таблиці в додатку А [8, 9, 10].

2.3.2. Розрахунок параметрів виконання сільськогосподарських операцій

1) Обсяг робіт у фізичних одиницях, що виконується агрегатом і-го виду на j-й технологічній операції (графа 4), од.

$$U_{\text{ф}ji} = F_{ji} \cdot P_j \tag{2.44}$$

де F_{ji} – загальна площа полів, на яких виконується j-та технологічна операція і-тим видом агрегату, га;

P_j – агротехнічний показник обсягу j-ї операції:

- для польових робіт $P_j = 1$;
- для стаціонарних операцій $P_j = H_j$;
- для транспортних операцій $P_j = H_j \cdot l_j$;

H_j – норма внесення або збирання технологічного матеріалу на j-й операції, т/га;

l_j – відстань транспортування технологічного матеріалу під час виконання j-ї операції, км.

Так, для операції № 4 «Оранка» обсяг робіт визначається за площею оброблюваних полів, оскільки дана операція належить до польових, і відповідно $P_j = 1$.

$$U_{ф4} = 350 \cdot 1 = 350 \text{ га}$$

2) Визначення кількості нормо-змін (графа 11) [9, 10, 17]

$$n_{нмзji} = U_{фj} / W_{mзмji} \quad (2.45)$$

де $W_{mзмji}$ – змінна норма виробітку агрегату і-го виду на j-й технологічній операції, од.

Так, для операції № 4 «Оранка»:

$$n_{нмзji} = \frac{350}{5{,}5} = 63{,}63 \text{ нормо-зміни}$$

3) Визначення кількості агрегатів (графа 9)

Необхідна кількість машинно-тракторних агрегатів для виконання j-ї операції встановлюється за відповідною розрахунковою залежністю:

$$n_{aji} \geq \frac{7 n_{нмзji}}{Д_{aj} \cdot T_{gj} \cdot k_{гji} \cdot k_{мj}} \quad (2.46)$$

де $Д_{aj}$ – тривалість агротехнічного строку виконання j-ї операції, діб;

T_{gj} – тривалість робочого дня на j-й операції; приймається рівною 7 год (в одну зміну) або 10 год (у дві зміни) залежно від напруженості робіт, пори року та характеру операції;

$k_{гji}$, $k_{мj}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно технічну готовність і-го виду агрегату на j-й операції та вплив метеорологічних умов у період її виконання. Якщо тривалість агростроку для j-ї операції не перевищує 10 днів і агрегат має простий склад, приймають $k_{гji} = 1$. За умови, коли $Д_{aj} > 10$ днів і агрегат є складним, значення $k_{гji}$ доцільно зменшувати до 0,9. Коефіцієнт погодних умов приймають у межах $k_{мj} = 0{,}8 \ldots 1{,}0$

У випадках, коли розрахункова кількість агрегатів n_{aji} призводить до «пікової» потреби в певній марці техніки, здійснюють частковий або повний перехід на альтернативний агрегат, експлуатаційні показники якого можуть бути дещо нижчими, але забезпечують рівномірне завантаження машинно-тракторного парку.

Так, для операції № 4 «Оранка» подальші розрахунки виконуються з урахуванням наведених коефіцієнтів та прийнятих виробничих умов.

$$n_{ab} = 1 \geq \frac{7 \cdot 63{,}63}{20 \cdot 14 \cdot 1 \cdot 1} = 1{,}59 \approx 2 \text{ шт}$$

$$D_{pji} = \frac{7 n_{\text{нзм}ji}}{n_{aji} \cdot T_{gji} \cdot k_{rji} \cdot k_{\text{н}ji}} \leq D_{aj} \tag{2.47}$$

У формулі (2.46) значення T_{gji} обирається з урахуванням таких міркувань. Якщо технологічна операція є потоковою, тобто виконується у взаємозв'язку з іншими операціями (наприклад, транспортування насіння та посів), то для всього технологічного потоку тривалість робочого дня T_{gji} має бути однаковою і прийматися рівною найбільшому значенню серед операцій, що входять до цього потоку.

У випадку, коли операція може виконуватися в одну зміну, тобто протягом 14 годин на добу, і при цьому не потребує залучення додаткових агрегатів, доцільно планувати її виконання саме в одну зміну.

Так, для операції № 5 «Культивація передпосівна» подальші розрахунки виконуються з урахуванням наведених положень щодо вибору тривалості робочого дня.

$$\text{Д}_{\text{р}ji} = \frac{20 \cdot 63{,}63}{7 \cdot 14 \cdot 1 \cdot 1} = 15{,}99 \leq 20 = \text{Д}_{aj}$$

4) Визначення потреби в робочій силі (графи 11, 12 і 13)

$$m_j = \sum_{s=1}^{N_{aj}} m_{aji} \cdot n_{aji} \cdot n_{\text{зм}ji} \tag{2.48}$$

де n_{aji} – кількість типів агрегатів, задіяних у виконанні j-ї технологічної операції;

m_{aji} – чисельність працівників, що обслуговують і-й вид агрегату на j-й операції (окремо для механізаторів і допоміжного персоналу відповідно до граф 10, 11 і 12);

$n_{\text{зм}ji}$ – кількість змін персоналу протягом доби для і-го виду агрегату на j-й технологічній операції.

$$n_{\text{зн}ji} = \{1, \text{якщо } T_{\text{д}ji} \leq 10 \text{ год} \tag{2.49}$$

$$2, \text{якщо } T_{\text{д}ji} \leq 10 \text{ год}$$

Так, для технологічної операції № 4 «Оранка» подальші розрахунки виконуються з урахуванням наведених вище параметрів та прийнятих організаційно-технологічних умов.

$$n_{\text{ззм}ji} = 1$$

$$m_{\text{в}} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

2.3.3. Витрати палива, кг

$$Q_n = g_{\text{га}} \cdot U_{\text{ф}} \tag{2.50}$$

$$Q_n = 5{,}5 \cdot 350 = 7035 \text{ кг}$$

2.3.4. Витрати праці, люд.-год

$$З_{nj} = Т_{зм} \sum_{i=1}^{N_{oj}} n_{нзмji}(m_{mji} + m_{gji}) \quad (2.51)$$

$$З_{nj} = 14 \cdot 63{,}63 \cdot (1 + 0) = 890{,}91 \text{ люд-год}$$

2.3.5. Розрахунок підсумкових показників

За відповідними графами технологічної карти (кількість нормо-змін, витрати палива, фонд оплати праці, трудові витрати) здійснюється підбиття підсумків. Узагальнені результати використовуються для подальшого аналізу ефективності технологічного процесу та економічної оцінки виробництва.

2.3.6. Побудова графіка виконання механізованих робіт

Графік виконання механізованих робіт є важливим організаційно-плановим документом, який доповнює технологічну карту вирощування озимої пшениці. Його складають для того, щоб раціонально розподілити польові роботи в часі, забезпечити своєчасне виконання всіх технологічних операцій і не допустити простоїв техніки або перевантаження окремих агрегатів у найбільш напружені періоди виробництва [8, 18, 20].

За допомогою графіка можна встановити календарні строки виконання основного обробітку ґрунту, передпосівної підготовки, сівби, догляду за посівами, внесення добрив, захисту рослин, збирання врожаю та транспортування зерна. Це дозволяє узгодити роботу машинно-тракторного парку з потребою у трудових, паливно-мастильних, насіннєвих та інших матеріальних ресурсах.

Побудова графіка виконання механізованих робіт дає можливість:

1. визначити послідовність виконання технологічних операцій відповідно до агротехнічних строків;
2. узгодити завантаження тракторів, комбайнів, жниварок, сівалок, культиваторів та транспортних засобів;
3. розрахувати потребу в механізаторах, допоміжних працівниках і змінності роботи агрегатів;
4. спланувати витрати палива, мастильних матеріалів, насіння, добрив і засобів захисту рослин;
5. визначити орієнтовні витрати праці та прямі експлуатаційні витрати на виконання окремих операцій;
6. своєчасно виявити періоди пікового навантаження на техніку та за потреби

скоригувати склад агрегатів;

7. забезпечити більш чітку організацію виробничого процесу в умовах ТОВ «Агрофірма «Поле».

Отже, поєднання технологічної карти з графіком виконання механізованих робіт дозволяє підвищити керованість виробничого процесу, раціонально використати наявний машинно-тракторний парк і забезпечити виконання основних операцій із вирощування та збирання озимої пшениці у встановлені строки [8, 18, 20].

2.4 Розробка питань організації виробництва озимої пшениці

Організація виробництва озимої пшениці у ТОВ «Агрофірма «Поле» повинна забезпечувати своєчасне та якісне виконання всіх технологічних операцій — від підготовки ґрунту до збирання врожаю і післязбиральної доробки зерна. Ефективність виробничого процесу значною мірою залежить від узгодженої роботи машинно-тракторного парку, забезпечення господарства матеріальними ресурсами, дотримання агротехнічних строків і правильного розподілу праці між виконавцями [4, 8, 17].

Для вирощування озимої пшениці формується механізована ланка, яка входить до складу тракторної бригади господарства. До її складу входять механізатори, працівники з обслуговування техніки, водії транспортних засобів, а також спеціалісти, відповідальні за агрономічний контроль і технічний стан машин. Робота ланки повинна бути узгоджена з технологічною картою та графіком виконання механізованих робіт.

На етапі підготовки до виробництва необхідно визначити обсяг робіт, площу посіву, потребу в насінні, мінеральних добривах, засобах захисту рослин, паливно-мастильних матеріалах і техніці. Особливу увагу слід приділити підготовці машинно-тракторного парку, оскільки несвоєчасна готовність тракторів, сівалок, культиваторів, обприскувачів, жниварок і комбайнів може призвести до порушення оптимальних строків виконання робіт.

Перед початком польових робіт необхідно виконати такі організаційні заходи:

1. скласти календарний план виконання технологічних операцій з вирощування та збирання озимої пшениці;

2. уточнити склад машинно-тракторних агрегатів для основного обробітку ґрунту, передпосівної підготовки, сівби, догляду за посівами та збирання;

3. перевірити технічний стан тракторів, сівалок, культиваторів, обприскувачів, зернозбиральних комбайнів і жниварки ЖВР-10;

4. забезпечити господарство необхідною кількістю насіння, добрив, засобів

захисту рослин і паливно-мастильних матеріалів;

5. провести інструктаж працівників щодо правил експлуатації техніки, охорони праці та пожежної безпеки;

6. організувати технічне обслуговування машин перед початком сезону;

7. підготувати транспортні засоби для перевезення насіння, добрив, води, засобів захисту рослин і зібраного зерна.

У процесі виконання технологічних операцій важливо забезпечити оперативне управління роботою агрегатів. Для цього необхідно контролювати строки виконання робіт, якість обробітку ґрунту, рівномірність сівби, норму внесення добрив, ефективність захисту рослин і стан посівів протягом вегетаційного періоду. Особливо важливим є постійний контроль у період сівби та збирання, оскільки саме ці операції найбільше впливають на кінцеву врожайність і якість зерна.

Під час сівби озимої пшениці робота агрегатів повинна бути організована так, щоб забезпечити рівномірне загортання насіння, дотримання заданої норми висіву та прямолінійність проходів. Для цього перед початком роботи перевіряють налаштування сівалок, справність висівних апаратів, глибину ходу сошників і рівномірність подачі насіння. У разі відхилення від заданих параметрів агрегат необхідно зупинити та виконати регулювання.

Організація догляду за посівами передбачає своєчасне проведення підживлення, захисту від бур’янів, хвороб і шкідників. Обприскування слід виконувати з урахуванням погодних умов, фази розвитку рослин і рекомендованих норм витрати препаратів. Недотримання строків або технології внесення засобів захисту може знизити ефективність обробки та негативно вплинути на врожайність [1, 2, 4].

Найбільш відповідальним етапом є організація збирання озимої пшениці. У цей період необхідно забезпечити злагоджену роботу жниварки ЖВР-10, зернозбиральних комбайнів і транспортних засобів. Збирання потрібно розпочинати у фазі повної стиглості зерна або за умов, передбачених обраним способом збирання. Затримка збирання може призвести до осипання зерна, погіршення його якості та збільшення втрат [15, 23].

У межах теми роботи особливе значення має застосування модернізованої жниварки ЖВР-10. Її використання повинно бути організоване таким чином, щоб забезпечити якісне скошування рослинної маси, рівномірне укладання валка та створення сприятливих умов для подальшого підбирання зернозбиральним комбайном. Перед початком роботи необхідно

перевірити стан різального апарата, мотовила, транспортера, привода, гідравлічної системи та механізмів регулювання.

Під час роботи модернізованої жниварки важливо дотримуватися оптимальної швидкості руху агрегату. Надмірне збільшення швидкості може погіршити якість зрізу, спричинити нерівномірне формування валка та збільшити втрати зерна. Занадто мала швидкість знижує продуктивність агрегату і може призвести до затримки виконання збиральних робіт. Тому режим роботи жниварки необхідно встановлювати з урахуванням густоти стеблостою, висоти рослин, вологості хлібної маси та стану поля [5, 6, 23].

Для забезпечення безперервності збирального процесу потрібно організувати своєчасне технічне обслуговування агрегатів. Особливу увагу слід приділяти очищенню робочих органів від рослинних решток, перевірці натягу пасових і ланцюгових передач, змащуванню підшипникових вузлів, контролю кріплень і справності різального апарата. Наявність чергового ремонтного персоналу та запасних частин дозволяє зменшити простої техніки під час збирання.

Важливим елементом організації виробництва є облік витрат і результатів роботи. У господарстві доцільно вести облік використання палива, насіння, добрив, засобів захисту рослин, часу роботи агрегатів, виробітку механізаторів і фактичної врожайності. Отримані дані дозволяють оцінити ефективність технології, виявити перевитрати ресурсів і визначити резерви для подальшого удосконалення виробничого процесу [8, 10, 18].

Після завершення збирання необхідно провести аналіз фактичних показників виробництва озимої пшениці. Доцільно порівняти планову та фактичну врожайність, витрати палива, трудові витрати, продуктивність агрегатів, рівень втрат зерна та якість виконання операцій. Такий аналіз дає можливість оцінити ефективність застосованої технології та визначити доцільність подальшого використання модернізованої жниварки ЖВР-10.

Отже, раціональна організація виробництва озимої пшениці у ТОВ «Агрофірма «Поле» повинна базуватися на чіткому плануванні робіт, своєчасній підготовці техніки, забезпеченні необхідними ресурсами, контролі якості технологічних операцій і ефективному використанні модернізованої жниварки ЖВР-10. Це дозволить скоротити строки виконання польових робіт, зменшити втрати зерна та підвищити загальну ефективність виробництва культури.

2.5 Призначення машини, сфера застосування та вимоги до конструкції

Запропонована валкова жниварка призначена для скошування зернових культур з

формуванням одинарних валків із рівномірним і впорядкованим розташуванням колосся. Машина виконана у причіпному варіанті з фронтальним навішуванням на спеціальний енергетичний засіб [5, 6, 21, 23].

Жниварка рекомендована до використання в умовах степової та лісостепової зон за рівнинного рельєфу поля незалежно від густоти стеблостою. У сформованому валку стебла повинні бути орієнтовані під кутом ±20…30° до осі валка з рівномірним розподілом колосся по його ширині. Валки мають бути прямолінійними та розміщеними на такій відстані, щоб не ускладнювати роботу зернозбирального комбайна з підбирачем[5, 15, 23].

2.6 Обґрунтування модернізації та опис конструкції

Запропонована жниварка забезпечує формування одинарного валка за один прохід. Конструкція включає раму з різальним апаратом та валкостворювальний транспортер, виконаний у вигляді двох рознімних секцій [6, 21, 24].

Метою модернізації є розширення функціональних можливостей жниварки та забезпечення можливості її навішування на комбайн СК-5 «Нива». Поставлена мета досягається завдяки виконанню рам обох секцій транспортера пересувними вздовж різального апарата та оснащенню привода реверсивним механізмом.

Рама жниварки має вигляд двох секцій, шарнірно з’єднаних у поздовжньому напрямку; вісь шарніра розміщена в середній частині рами. Валкостворювальний транспортер також складається з двох секцій, що переміщуються вздовж різального апарата і обладнані реверсом привода.

Таке конструктивне виконання дає змогу отримувати одинарні, здвоєні або два окремі валки за один прохід. Вісь шарніра секції транспортера розташована від її кінця на відстані, що дорівнює ширині викидного вікна, що забезпечує гнучкість схем укладання валків [5, 23, 24].

Загальна будова (за кінематичною схемою ЖВР-10)

Жниварка містить:

– раму 1 з різальним апаратом 2;
– секційний валкостворювальний транспортер 3;
– механізм привода 4 робочих органів.

Рама 1 складається з двох секцій 5 і 6, шарнірно з’єднаних та опертих на ґрунт башмаками. Транспортер 3 утворений секціями 7 і 8, які переміщуються вздовж апарата 2 і мають реверсивний привід.

Положення осьового шарніра 9, що з’єднує частини 5 і 6 рами, вибране з умови формування двох приблизно рівноцінних за потужністю валків за межами габаритів несучої машини 10. Довжина лівої секції 7 транспортера дорівнює довжині лівої секції 5 рами, при цьому її рама 11 виконана з двох частин 12 і 13, з’єднаних шарніром 14. У крайньому лівому положенні секції 7 шарнір 14 віддалений від шарніра 9 на величину ширини центрального викидного вікна 15.

Привід

Привід включає реверсивний редуктор 16, що отримує рух від трансмісії несучої машини, коромисло 17 привода ножа різального апарата 2, а також елементи зв’язку з ведучими валами 18 і 19 секцій транспортера 3. Переміщення секцій уздовж рами здійснюється пристроєм 20, що містить гідроциліндр 21 та коромисло 22.

Зв’язок редуктора 16 з приводом ножа реалізовано через кривошип 23 і шатун 24. Передавання на транспортер здійснюється через контрприводний вал 25 з ланцюговою передачею 26, ремінним контуром 27 та ланцюговими контурами 28, 29 із плаваючим блоком зірочок 30.

Приводний вал 18 лівої секції 7 залежно від її положення обертається безпосередньо від контрприводного вала 25 або через вал 19 правої секції 8. У крайньому лівому положенні з’єднання здійснюється глухою муфтою; у крайньому правому – через ланцюговий контур.

2.7 Організація робіт із застосуванням розробленої конструкції

Залежно від обраної схеми роботи відповідним чином налаштовують секції транспортера та елементи їх привода.

– Формування одного валка за прохід. Секції 7 і 8 розміщують по краях жниварки з утворенням центрального викидного вікна 15; вал 18 з’єднують з контрприводом 25; реверсивний редуктор переводять у режим обертання проти годинникової стрілки.

– Формування двох валків за прохід. Досягається зміною напряму обертання редуктора 16 та поворотом на 180° гілок ременя 27 на ведучому шківі 31.

– Отримання одного здвоєного валка з двох суміжних прокосів. Спочатку від’єднують вал 18 від контрпривода 25, переміщують ліву секцію 7 вправо гідроциліндром 21, з’єднують кінці секцій замками та встановлюють змінну зірочку з ланцюговим контуром між валами 18 і 19. Далі секції переводять у крайнє ліве положення, змінюють напрям обертання редуктора і виконують перший прохід; для другого проходу секції переміщують вправо та знову змінюють напрям обертання.

Завдяки наявності осьового шарніра 9 рама легко адаптується до нерівностей поля, що забезпечує стабільне низьке скошування рослинної маси.

2.8 Технологічні розрахунки модернізованих вузлів жниварки

2.8.1 Розрахунок різального апарата

1. Обираємо різальний апарат сегментно-пальцевого типу.

2. За прийнятою для зернових жниварок подачею сегментів $l = 0{,}141$ м визначаємо кількість подвійних ходів ножа (подальший розрахунок подається за відповідною формулою).

$$n = \frac{30V_м}{l} \tag{2.52}$$

де $V_м$ – робоча швидкість руху жниварки; у розрахунках приймається $V_м = 2$ м/с.

$$n = \frac{30 \cdot 2}{0{,}141} = 425 \text{ хв}^{-1}$$

3) Висоту різальної крайки сегмента визначаємо за емпіричними (довідковими) даними:

$$h_0 = \frac{l}{2{,}5} \tag{2.53}$$

$$h_0 = \frac{0{,}141}{2{,}5} = 0{,}058 \text{ м}$$

Приймаємо значення висоти різальної крайки сегмента відповідно до нормативних рекомендацій.

4) Кут різання сегмента α\alphaα визначаємо з умови різання без ковзання, виходячи з допустимих значень критичного кута зачеплення рослин насіченими сегментами $\psi < 30 \circ$. З урахуванням цих вимог приймаємо $\alpha = 28{,}5 \circ$.

5) Ширину передньої частини сегмента приймаємо рівною $m = 16$ мм.

6) Визначаємо розмір C:

$$\text{C} = h_0 \cdot tg\alpha \tag{2.54}$$

$$\text{C} = 55 \cdot tg28{,}5° = 55 \cdot 0{,}54 = 29 \text{ мм}$$

7) Визначаємо робочу ширину сегмента різального апарата:

$$t_1 = 2h_0 \cdot tga + m \tag{2.55}$$

$$t_1 = 2 \cdot 55 \cdot 0{,}54 + 16 = 76 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину сегмента $b = 76{,}2$ мм.

8) Мінімальну висоту сегмента B_{min} визначаємо з урахуванням ширини спинки ножа $f = 20$ мм, величини сходу сегмента за спинку $k = 5$ мм та висоти різальної крайки сегмента

$h_0 = 55$°мм.

$$B_{min} = f + k + h_0 \quad (2.56)$$

$$B_{min} = 20 + 5 + 55 = 80 \text{ мм}$$

Приймаємо висоту сегмента $B = 80$ мм.

9) Кут заточення сегмента γ встановлюємо відповідно до вимог ГОСТ та приймаємо рівним $\gamma = 19 \circ$.

10) Визначаємо площу подачі матеріалу за один робочий хід ножа.

$$F = 2 \cdot r \cdot L \quad (2.57)$$

де r – радіус кривошипа привідного механізму ножа, м.

$$F = 2 \cdot 0{,}14 \cdot 0{,}042 = 0{,}011 \text{ м}^2$$

1. Визначаємо навантаження на лезо. Навантаження на лезо умовно називають: площа поверхні полю, на якій зрізуються стебла одним польовим сегментом при його робочому ході. Розрахункове навантаження для апарата, що ріже, дорівнює:

$$F = 0{,}64 \cdot h \cdot t_n \quad (2.58)$$

де t_n – крок розміщення сегментів різального апарата; для даної конструкції приймається $t_n = 76{,}2$ мм.

$$F = 0{,}64 \cdot 0{,}141 \cdot 0{,}0762 = 0{,}007 \text{ м}^2$$

12) Потужність, необхідну для подолання опору різанню стебел, сил тертя та інерційних навантажень у приводі різального апарата, визначаємо за розрахунковою залежністю:

$$N = \frac{m_н \cdot r^2 \cdot \omega^2}{2000} \quad (2.59)$$

Де $m_н$ – маса ножа різального апарата, кг;

r – радіус кривошипа привідного механізму, м;

ω – кутова швидкість обертання кривошипа, хв$^{-1}$.

$$N = \frac{20 \cdot 0{,}042^2 \cdot 425^2}{2000} = 3{,}2 \text{ кВт}$$

2.9 Розрахунки на міцність

2.9.1 Розрахунок вала контрпривода жниварки

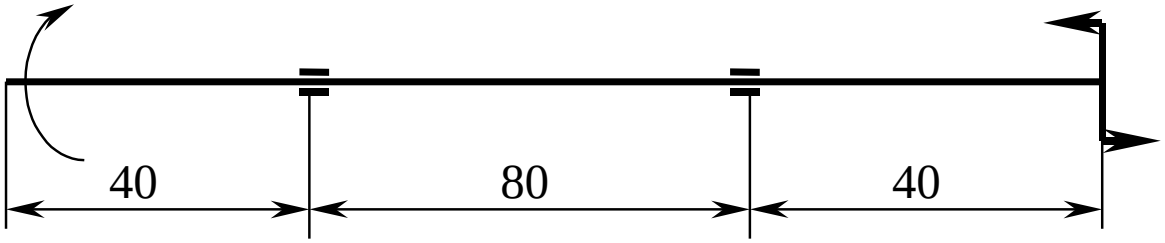


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема вала

Вихідні дані для розрахунку: частота обертання вала $n = 400$ хв$^{-1}$, передавана потужність $N = 13{,}2$ кВт.

Відповідний крутний момент, що передається валом, визначається за розрахунковою залежністю:

$$\mathrm{M}_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega} \tag{2.60}$$

де ω – кутова швидкість обертання вала, рад/с.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = 0{,}105 \cdot n \tag{2.61}$$

$$\omega = 0{,}105 \cdot 400 = 42 \text{ рад/сек}$$

$$\mathrm{M}_{\text{кр}} = \frac{13200}{42} = 314 \text{ Н·м}$$

Визначаємо силу натягу гілок ремінної передачі P_1 у площині YZ:

$$\mathrm{P}_1 = 2S_0 \cdot \frac{\sin \alpha}{2} + Q \tag{2.62}$$

де Q – окружне (дотичне) зусилля, яке діє на шків ремінної передачі, Н.

$$Q = \frac{N}{V} \tag{2.63}$$

$$Q = \frac{6{,}2 \cdot 10^3}{6{,}3} = 964 \text{ Н}$$

$$S_0 = \sigma_0 \cdot F \tag{2.64}$$

де S_0 – зусилля попереднього натягу ременя;

σ_0 – напруження від попереднього натягу, яке приймається рівним $\sigma_0 = 1{,}2$ Н/мм^2;;

A – площа поперечного перерізу ременя; для даного випадку $A = 138$ мм^2;;

α – кут обхвату ременем шківа; приймається $\alpha = 180 \circ$.

$$\mathrm{P}_1 = 2 \cdot 138 \cdot 1{,}2 \cdot \frac{\sin 180}{2} + 984 = 1314 \text{ Н}$$

Визначаємо силу натягу ланцюгової передачі P_2 у площині XZ:

$$\mathrm{P}_2 = Q + 2K_t \cdot q \cdot g \cdot A \tag{2.65}$$

де Q – окружне (дотичне) зусилля в ланцюговій передачі; для даного випадку $Q =$ 4190 Н;

k – коефіцієнт, що враховує просторове розташування зірочок; приймається $k = 6$;

q – маса одного метра ланцюга, $q = 7$ кг/м;;

A – міжосьова відстань зірочок, $A = 1{,}4$ м.

$$\mathrm{P}_2 = 4190 + 2 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}4 = 5342H$$

Визначаємо еквівалентний (зведений) крутний момент, що діє на вал:

$$\mathrm{M}_{\text{екв}} = \sqrt{\mathrm{M}_{\text{x}}^2 + \mathrm{M}_{\text{y}}^2 + 0{,}75\mathrm{M}_{\text{кр}}^2} \tag{2.66}$$

$$\mathrm{M}_{\text{екв}} = \sqrt{52{,}5^2 + 193{,}7^2 + 0{,}75 \cdot 314^2} = 320 \text{ кН·мм}$$

За характером епюр внутрішніх зусиль визначаємо положення небезпечного перерізу вала та обчислюємо його діаметр за розрахунковою формулою:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot \mathrm{M}_{\text{екв}}}{\pi \cdot [\sigma_{-1}]_u}} \tag{2.67}$$

де $[\sigma_{-1}]_u$ – допустиме напруження матеріалу вала, яке приймається з урахуванням механічних властивостей матеріалу, режиму навантаження та коефіцієнта запасу міцності.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 320 \cdot 10^3}{3{,}14 \cdot 60}} = 35{,}97 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку приймаємо діаметр вала $d = 36$ мм.

Побудова епюр згинальних моментів

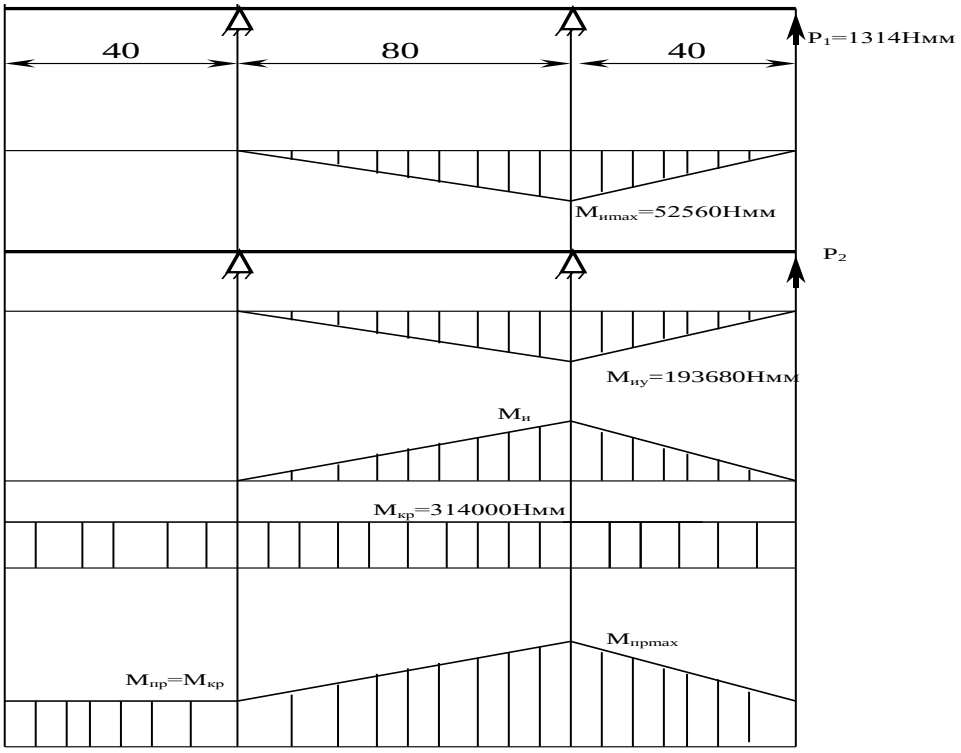


Рисунок 2.2 – Діаграми згинальних моментів.

Виконуємо перевірку вала на міцність. Коефіцієнт запасу за нормальними напруженнями:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{К_{\sigma Д} \cdot \sigma_а + \Psi_\sigma \cdot \sigma_м} \tag{2.68}$$

Для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{К_{\tau Д} \cdot \tau_а + \Psi_\tau \cdot \tau_м} \tag{2.69}$$

При спільній дії нормальних і дотичних напружень:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{{n_\sigma}^2 + {n_\tau}^2}} \geq [n] \tag{2.70}$$

де σ_{-1} – межа витривалості матеріалу при згині, $\sigma_{-1} = 450$ МПа;

τ_{-1} – межа витривалості при кручення, $\tau_{-1} = 250$МПа;

$\sigma_а$, $\tau_а$ – амплітудні значення номінальних напружень;

$\sigma_м$, $\tau_м$ – середні значення номінальних напружень;

Ψ_σ, Ψ_τ – коефіцієнти чутливості матеріалу до асиметрії циклу навантаження;

$К_{\sigma Д}$, $К_{\tau Д}$ – коефіцієнти концентрації напружень.

$$\sigma_а = \sigma, \sigma_м = 0$$

$$\tau_а = \tau, \tau_м = 0$$

$$\sigma = \frac{M_u}{W_o} \tag{2.71}$$

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} \quad (2.72)$$

де M_u та $M_{\text{кр}}$ – відповідно згинальний і крутний моменти;

W_o та W_p – осьовий і полярний моменти опору перерізу.

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^2}{32} \approx 0{,}1d^3 \quad (2.73)$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \approx 0{,}2d^3 \quad (2.74)$$

де d – розрахунковий діаметр поперечного перерізу вала, м.

$$W_o = 0{,}1 \cdot 36^3 = 4666 \text{ мм}^3$$

$$W_p = 0{,}2 \cdot 36^3 = 9331 \text{ мм}^3$$

$$\sigma = \frac{201 \cdot 10^3}{4666} = 43 \text{ Н/мм}^3$$

$$\tau = \frac{314 \cdot 10^3}{9331} = 34 \text{ Н/мм}^3$$

$$n_\sigma = \frac{450}{2{,}6 \cdot 43} = 4{,}02$$

$$n_\tau = \frac{250}{2 \cdot 34} = 3{,}67$$

$$n = \frac{4{,}02 \cdot 3{,}67}{\sqrt{4{,}02^2 + 3{,}67^2}} = 2{,}7$$

Запас міцності у найбільш навантаженому перерізі вала приймається допустимим.

У даному випадку отримане значення задовольняє встановлені вимоги, отже, вал за умовами міцності відповідає розрахунковим критеріям.

2.10 Розрахунок шпонкового з’єднання

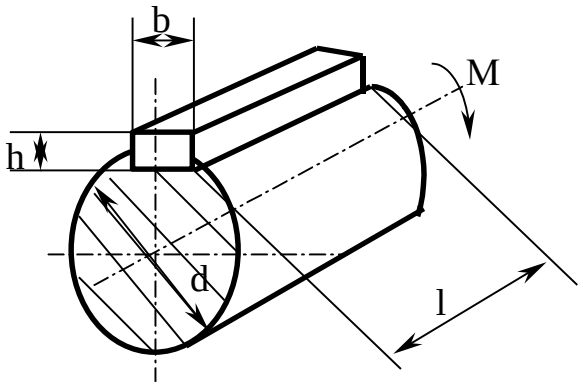


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема шпонкового з’єднання.

1. Вибір типу шпонки.

   Приймаємо призматичну шпонку із заокругленими торцями відповідно до ГОСТ 23360.

2. Визначення геометричних параметрів шпонки.

   Розміри шпонки встановлюємо з урахуванням діаметра вала контрпривода та довжини маточини зірочки.

3. Перевірка міцності шпонкового з'єднання «вал – маточина».

   Виконуємо розрахунок за умовою допустимого напруження зминання.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{\text{М}_{\text{кр}}}{0{,}5d \cdot 0{,}5h \cdot l_p} \leq [\sigma]_{\text{см}} \tag{2.75}$$

де l_p – довжина контактної ділянки шпонки, що бере участь у передаванні навантаження.

$$l_p = l - b \tag{2.76}$$

$$l_p = 36 - 12 = 24 \text{ мм}$$

де d – діаметр вала, $d = 36$ мм;

$[\sigma]_{\text{см}}$ – допустиме напруження зминання за умов відсутності різких ударів і значних динамічних навантажень, $[\sigma]_{\text{см}} = 120$ Н/мм^2.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{200 \cdot 10^3}{0{,}5 \cdot 36 \cdot 0{,}5 \cdot 8 \cdot 24} = 109 \text{ Н/мм}^2$$

За прийнятих геометричних параметрів умова міцності $\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma]_{\text{см}}$ дотримується, отже, працездатність і надійність шпонкового з'єднання забезпечені.

Висновок

Модернізована жниварка ЖВР-10 може ефективно застосовуватися як для формування валків на ділянках із низькою врожайністю (створення здвоєних валків), так і для роботи на високоврожайних полях (утворення двох валків за один прохід).

Використання вдосконаленої жниварки ЖВР-10 дає змогу залучати до збирання озимої пшениці високопродуктивні зернозбиральні комбайни. Основні елементи конструкції перевірено на міцність, і результати розрахунків підтверджують виконання необхідних умов міцності.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні положення охорони праці при виробництві озимої пшениці

Охорона праці у ТОВ «Агрофірма «Поле» є важливою складовою організації виробничого процесу, оскільки вирощування та збирання озимої пшениці пов’язане з використанням тракторів, зернозбиральних комбайнів, жниварок, ґрунтообробних агрегатів, сівалок, обприскувачів, транспортних засобів, мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Під час виконання польових робіт працівники можуть зазнавати впливу механічних, фізичних, хімічних, біологічних і психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Основною метою охорони праці на підприємстві є створення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, аварійних ситуацій, пожеж і негативного впливу виробничих процесів на здоров’я працівників. Особливої уваги потребує етап збирання озимої пшениці, оскільки в цей період техніка працює з підвищеним навантаженням, часто в умовах високої температури повітря, запиленості, обмеженої видимості та напруженого графіка.

У межах теми дипломної роботи особливе значення має забезпечення безпечної експлуатації жниварки ЖВР-10, яка використовується для скошування зернових культур у валки. Модернізація цієї машини повинна бути спрямована не лише на підвищення продуктивності та зменшення втрат зерна, а й на підвищення рівня безпеки праці механізаторів, ремонтного персоналу та працівників, які беруть участь у технологічному процесі збирання.

До основних завдань охорони праці при виробництві озимої пшениці належать:

– організація безпечної роботи машинно-тракторних агрегатів;
– проведення інструктажів з охорони праці;
– забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
– контроль технічного стану тракторів, комбайнів і жниварок;
– запобігання травмуванню рухомими та обертовими частинами машин;
– забезпечення пожежної безпеки під час збирання врожаю;
– дотримання правил роботи з добривами та засобами захисту рослин;
– організація безпечного ремонту, регулювання та технічного обслуговування жниварки ЖВР-10.

3.2 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Технологічний процес виробництва озимої пшениці включає багато операцій, кожна з яких має певні небезпечні та шкідливі фактори. Найбільш небезпечними є роботи, пов’язані з використанням рухомої сільськогосподарської техніки, обслуговуванням механізмів, внесенням хімічних препаратів і збиранням урожаю.

Під час підготовки ґрунту небезпеку становлять трактори з плугами, культиваторами, дисковими боронами та іншими агрегатами. Працівник може отримати травму при зчіплюванні машин, регулюванні робочих органів, очищенні забитих вузлів, порушенні правил руху або перебуванні в небезпечній зоні агрегату.

Під час сівби озимої пшениці небезпечними є рухомі частини сівалки, насіннєві та тукові апарати, привідні механізми, карданні передачі, маркери та сошники. Крім того, працівники контактують із протруєним насінням, що потребує використання засобів індивідуального захисту.

Під час догляду за посівами працівники можуть зазнавати впливу пестицидів, гербіцидів, фунгіцидів, інсектицидів і мінеральних добрив. Недотримання правил безпеки при роботі з такими речовинами може призвести до отруєння, подразнення шкіри, слизових оболонок, органів дихання та очей.

Найбільша кількість небезпечних факторів виникає під час збирання озимої пшениці. У цей період використовуються комбайни, трактори, транспортні засоби та жниварка ЖВР-10. Робочі органи жниварки — різальний апарат, мотовило, транспортери, привідні вали, пасові та ланцюгові передачі — створюють підвищену небезпеку травмування.

Основні небезпечні та шкідливі фактори при виробництві озимої пшениці наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 — Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при вирощуванні й збиранні озимої пшениці

Етап робіт	**Небезпечний або шкідливий фактор**	**Можливі наслідки**
Обробіток ґрунту	Рух тракторного агрегату, навісні та причіпні машини	Наїзд, затискання, травмування
Сівба	Рухомі частини сівалки, протруєне насіння	Травми рук, отруєння, подразнення шкіри
Внесення добрив	Контакт із мінеральними добривами	Подразнення шкіри, очей, органів дихання
Обприскування	Пестициди та робочі	Отруєння, алергічні реакції

	розчини	
Збирання врожаю	Жниварка, комбайн, транспортні засоби	Механічні травми, наїзди, падіння
Ремонт і регулювання	Ножі, мотовило, транспортери, приводи	Порізи, защемлення, удари
Робота в полі влітку	Висока температура, сонячне випромінювання	Перегрівання, тепловий удар
Збирання сухої маси	Пил, пожежонебезпечність	Захворювання органів дихання, пожежа
Транспортування зерна	Рух автомобілів і тракторних причепів	ДТП, перекидання, травмування

Отже, виробництво озимої пшениці є багатофакторним процесом, у якому необхідно системно контролювати технічний стан машин, організацію робочих місць, підготовку персоналу та дотримання правил безпечної експлуатації техніки.

3.3 Вимоги безпеки під час експлуатації жниварки ЖВР-10

Жниварка ЖВР-10 є складною сільськогосподарською машиною, що має рухомі, обертові та ріжучі робочі органи. Тому її експлуатація повинна здійснюватися лише працівниками, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, мають відповідну кваліфікацію та допущені до роботи наказом по підприємству.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан жниварки, надійність її приєднання до енергетичного засобу, справність захисних кожухів, огороджень, різального апарата, мотовила, транспортера, гідравлічної системи, освітлення та сигнальних пристроїв. Забороняється експлуатувати жниварку за наявності тріщин у рамі, несправних приводів, відсутніх захисних кожухів, пошкоджених ножів, ослаблених кріплень або витоків мастила з гідросистеми.

Перед запуском агрегату механізатор повинен переконатися, що поблизу жниварки немає людей, сторонніх предметів, тварин або перешкод. Подавати сигнал до початку руху потрібно завчасно. Особливо небезпечно перебувати перед різальним апаратом, біля мотовила, транспортерів і карданних передач під час роботи агрегату.

Під час роботи жниварки забороняється:

- перебувати на рамі або робочих органах жниварки;
- очищати різальний апарат під час руху агрегату;
- виконувати регулювання при ввімкненому приводі;
- знімати захисні кожухи під час роботи;
- наближатися до мотовила та транспортера;

- торкатися ножів руками без рукавиць;
- працювати з несправною гідравлічною системою;
- перевозити людей на жниварці;
- залишати агрегат без нагляду з працюючим двигуном.

Очищення, регулювання, змащування та ремонт жниварки дозволяється виконувати тільки після повної зупинки агрегату, вимкнення двигуна, відключення приводу робочих органів і встановлення машини на рівній ділянці. Якщо жниварку необхідно підняти, її слід надійно зафіксувати спеціальними упорами або підставками. Використання випадкових предметів як підпорок не допускається.

Особливу увагу слід приділяти різальному апарату. Ножі повинні бути справними, гострими, надійно закріпленими та не мати тріщин. Під час заміни сегментів або пальців необхідно користуватися справним інструментом і захисними рукавицями. Не допускається виконувати ремонт ножового апарата без фіксації його рухомих частин.

У разі модернізації жниварки ЖВР-10 конструктивні зміни повинні відповідати вимогам безпечної експлуатації. Усі нові вузли та деталі мають бути надійно закріплені, не створювати додаткових небезпечних зон, не погіршувати оглядовість механізатора та не ускладнювати доступ до органів керування. Якщо внаслідок модернізації встановлюються додаткові робочі органи, вони повинні мати захисні огородження або безпечне розташування.

3.4 Безпека праці під час технологічного процесу виробництва озимої пшениці

Безпечна організація технологічного процесу виробництва озимої пшениці передбачає дотримання вимог охорони праці на всіх етапах — від підготовки ґрунту до післязбиральної доробки зерна.

Під час обробітку ґрунту агрегати повинні працювати лише на справних тракторах із надійними зчіпними пристроями. Перед початком роботи перевіряють справність гальм, рульового керування, сигналізації, освітлення, дзеркал, гідравлічної системи та зчіпних механізмів. Зчіплювання трактора з агрегатом необхідно виконувати обережно, за участю працівника, який перебуває в полі зору тракториста. Забороняється стояти між трактором і причіпною машиною під час руху трактора назад.

Під час сівби озимої пшениці заборонено завантажувати насіння в сівалку під час руху агрегату. Протруєне насіння необхідно засипати з використанням рукавиць,

респіратора та захисних окулярів. Працівники не повинні торкатися обличчя, очей і відкритих ділянок шкіри під час контакту з протруєним насінням. Після закінчення роботи необхідно ретельно вимити руки та обличчя з милом.

Під час внесення мінеральних добрив слід уникати їх потрапляння на шкіру, в очі та органи дихання. Завантаження добрив у розкидачі потрібно виконувати механізованим способом або з дотриманням правил ручного завантаження. Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, рукавицями, окулярами та респіраторами.

Під час хімічного захисту посівів необхідно суворо дотримуватися норм витрати препаратів, правил приготування робочих розчинів і санітарних вимог. До роботи з пестицидами допускаються лише працівники, які пройшли спеціальний інструктаж. Забороняється виконувати обприскування при сильному вітрі, під час дощу або за високої температури повітря, якщо це може призвести до зносу препарату чи отруєння працівників.

Під час збирання озимої пшениці необхідно забезпечити безпечний рух збиральних агрегатів і транспортних засобів. На полі повинні бути визначені маршрути руху техніки, місця розворотів, завантаження зерна та стоянки машин. Не допускається перебування сторонніх осіб у зоні роботи комбайнів, тракторів і жниварок.

Особливу небезпеку під час збирання становлять пожежі, оскільки суха солома, полова, пил і висока температура повітря створюють сприятливі умови для займання. Тому вся техніка повинна бути оснащена справними вогнегасниками, лопатами, кошмами та іскрогасниками. На полі бажано мати трактор із плугом або дисковою бороною для швидкого оборювання місця загоряння.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Показники виробництва озимої пшениці

Економічна результативність запропонованої технології, комплексу машин і організації робіт проявляється у скороченні трудових, енергетичних та фінансових витрат у розрахунку на одну тонну озимої пшениці.

4.1.1 Трудомісткість, люд.-год:

У перерахунку на 1 га.

$$З_{\text{пга}} = \sum_{j=1}^{N_p} З_{\text{п}j}/F_n \quad (4.1)$$

де N_p – кількість технологічних операцій, передбачених технологічною картою;

$З_{\text{п}j}$ – витрати праці на виконання j-ї технологічної операції, люд.-год;

F_n – загальна площа посівів озимої пшениці, $F_n = 350$ га.

$$З_{\text{пга}} = \frac{8596,7}{350} = 24,56 \text{ люд-год/га}$$

У перерахунку на 1 т основної продукції.

$$З_{\text{пт}} = З_{\text{пга}}/U \quad (4.2)$$

де UUU – запланований рівень урожайності відповідної сільськогосподарської культури, т/га.

$$З_{\text{пт}} = \frac{24,56}{4,5} = 5,46 \text{ люд-год/т}$$

4.1.2 Паливні витрати, кг:

У перерахунку на одиницю площі – 1 га.

$$Q_{\text{пга}} = \sum_{j=1}^{N_p} Q_{\text{п}j}/F_n \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{п}j}$ – кількість палива, витрачена на виконання j-ї технологічної операції, кг.

$$Q_{\text{пга}} = \frac{28048,1}{350} = 80,137 \text{ кг/га}$$

У перерахунку на одну тонну виробленої основної продукції.

$$Q_{\text{пт}} = Q_{\text{пга}}/U \quad (4.4)$$

$$Q_{\text{пт}} = \frac{80,137}{4,5} = 17,81 \text{ кг/т}$$

4.1.3. Прямі експлуатаційні витрати, грн:

У перерахунку на одиницю площі – 1 фізичний га.

$$И_{\text{га}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{нт}}} S_{mi} + \sum_{\text{к}=1}^{N_{\text{нм}}} S_{\text{мк}} + К_{\text{зм}}^{\text{соц}} \sum_{j=1}^{N_p} S_{\text{з}nj} + \sum_{i=1}^{N_{\text{посл}}} U_{\text{послі}} \cdot С_{\text{послі}}}{F_n + Q_{n\text{га}} \cdot Ц_{\text{нпм}}} \quad (4.5)$$

де $N_{нт}$, $N_{нм}$ – кількість марок відповідно тракторів, самохідних комбайнів та машин, що агрегатуються з тракторами і самохідними комбайнами;

S_{mi}, $S_{мк}$ – витрати на утримання тракторів *i*-ї марки, самохідних комбайнів та сільськогосподарських машин *к*-ої марки, грн;

$S_{зпj}$ – сума основної та додаткової заробітної плати персоналу тракторних і комбайнових агрегатів під час виконання *j*-ї технологічної операції, грн;

K – коефіцієнт, що враховує всі соціальні відрахування на заробітну плату; за нормативними даними приймається $K = 1{,}52$;

$N_{посл}$ – кількість видів сторонніх послуг (робіт, що виконуються із залученням зовнішніх засобів і персоналу), $N_{посл} = 5$;

$U_{послі}$ – річний обсяг послуг *i*-го виду, грн;

$U_{послі}$ – тарифна вартість послуги *i*-го виду, грн;

$Ц_{нпм}$ – комплексна ціна дизельного палива, $Ц_{нпм} = 5{,}7$ грн/кг.

У розрахунку на 1 т основної продукції, грн/т.

$$И_т = И_{га}/U \tag{4.6}$$

Розмір відрахувань на утримання тракторів і самохідних комбайнів обчислюється за встановленою формулою, грн.

$$S_{ті} = 0{,}01 \cdot Б_{ті} \cdot [а_{арті} \cdot п_{ті} + (а_{крті} + а_{ртозті}) \cdot Т_{фті}/Т_{нті}] \tag{4.7}$$

де $Б_{ті}$ – балансова вартість трактора або самохідного комбайна *i*-ї марки, грн;

$а_{арті}$, $а_{крті}$, $а_{ртозті}$ – нормативні річні відрахування від балансової вартості трактора чи самохідного комбайна *i*-ї марки відповідно на реновацію (відновлення), капітальний ремонт, технічне обслуговування та зберігання, %;

$п_{ті}$ – необхідна кількість тракторів або самохідних комбайнів *i*-ї марки в складі системи машин;

$Т_{фті}$, $Т_{нті}$ – відповідно фактичне та нормативне річне завантаження трактора або самохідного комбайна *i*-ї марки, год.

Наприклад, для трактора Т-150К (к = 1).

$$S_{ті} = 0{,}01 \cdot 70000 \cdot \left[12{,}5 \cdot 2 + (6 + 22) \cdot \frac{1118{,}3}{1300}\right] = 34360{,}16 \text{ грн}$$

Розмір відрахувань на утримання сільськогосподарських машин обчислюється відповідно до встановленої методики, грн.

$$S_{мтк} = 0{,}01 \cdot Б_{нтк} \cdot [а_{рмтк} \cdot п_{мтк} + а_{артозмтк} \cdot Т_{фмтк}/Т_{нмтк}] \tag{4.8}$$

де $Б_{нтк}$ – балансова вартість сільськогосподарської машини *k*-ої марки, що агрегатується з тракторами, грн;

$п_{мтк}$ – необхідна кількість сільськогосподарських машин *k*-ої марки, які працюють у складі агрегатів із тракторами *i*-ої марки в системі машин;

$а_{рмтк}$, $а_{артозмтк}$ – нормативні річні відрахування від балансової вартості сільськогосподарської машини *k*-ої марки відповідно на реновацію та на поточний ремонт, технічне обслуговування і зберігання, %;

$Т_{фмтк}$, $Т_{нмтк}$ – відповідно фактичне та нормативне річне завантаження сільськогосподарської машини *k*-ої марки, що агрегатується з тракторами, год.

$$И_{га} = (196{,}32 + 31894{,}06 + 1{,}52 \cdot 1822{,}7 + 4100 \cdot 1{,}0 + 80{,}14 \cdot 3{,}0) = 456{,}45$$

грн/га

$$И_m = \frac{456{,}45}{4{,}5} = 101{,}43 \text{ грн/т}$$

4.1.4. Прямі витрати:

У перерахунку на 1 фізичний га, грн/га.

$$S_{га} = И_{га} + \sum_{l=1}^{N_{mн}} Q_{тм1} \cdot \frac{Ц_{тм1}}{F_n} + S_{зв0,2} \quad (4.9)$$

де $N_{mн}$ – кількість видів технологічних матеріалів, що застосовуються протягом сезону на площі F_n (насіння, мінеральні добрива, пестициди тощо);

$Q_{тм1}$, $Ц_{тм1}$– відповідно сумарна витрата (т) і вартість (грн/т) технологічного матеріалу першого виду;

$S_{зв0,2}$ – загальновиробничі витрати, грн/га.

У розрахунку на 1 т основної продукції, грн/т.

$$S_т = S_{га}/U \quad (4.10)$$

Сумарна витрата технологічного матеріалу 1-го виду встановлюється на основі прийнятих нормативів і площі обробітку.

$$Q_{тм1} = \sum_{r=1}^{N_{вн1}} Н_{м1r} \cdot F_{м1r} \quad (4.11)$$

де $N_{вн1}$ – кількість внесень технологічного матеріалу протягом вегетаційного періоду;

$Н_{м1r}$ – норма внесення першого виду технологічного матеріалу під час *r*-го внесення, т/га;

$F_{м1r}$ – площа, на якій виконано *r*-те внесення технологічного матеріалу першого виду, га.

Загальновиробничі витрати визначаються рівнем організації виробництва, його структурою та особливостями функціонування підприємства і, як правило, становлять 15–40 % від сукупних виробничих витрат.

$$S_{зв} \approx (0{,}15 \dots 0{,}40) \cdot (И_{га} + \sum_{1=1}^{N_{тм}} Q_{тм1} \cdot Ц_{тм1}/F_n) \quad (4.12)$$

$$S_{га} = 0{,}2 \cdot (456{,}45 + 28048{,}1 \cdot 3{,}0/350) = 139{,}37 \text{ грн/га}$$

$$S_{га} = 456{,}45 + 1325{,}25 + 139{,}37 = 1921{,}07 \text{ грн/га}$$

$$S_т = 1921{,}07/4{,}5 = 426{,}904 \text{ грн/т}$$

4.2 Розрахунок річної економії коштів, грн.

$$Е_р = (С_с - С_п) \cdot В_с + \Delta Е_р \quad (4.13)$$

де $С_с$ – собівартість озимої пшениці за діючою (базовою) технологією, $С_с = 439{,}5$ грн/т;

$С_п$ – собівартість озимої пшениці за проєктною (удосконаленою) технологією, $С_п$ =417,866 грн/т;

$В_с$ – валовий обсяг виробленої продукції, $В_с = 150 \cdot 3{,}5 = 525$ т;

$\Delta Е_р$ – річна економія, отримана внаслідок зростання врожайності завдяки впровадженню вдосконаленої технології.

$$\Delta Е_р = (У_{рп} - У_{рс}) \cdot F \cdot Ц_р \quad (4.14)$$

де $У_{рп}$, $У_{рс}$ – рівень урожайності відповідно за проєктною та базовою технологіями, $У_{рп} = 3{,}5$ т/га, $У_{рс} = 2{,}57$ т/га ;

$Ц_р$ – ціна реалізації однієї тонни продукції, $Ц_р = 600$ грн/т.

$$\Delta Е_р = (3{,}5 - 2{,}57) \cdot 150 \cdot 600 = 83700 \text{ грн}$$

$$Е_р = (439{,}5 - 417{,}866) \cdot 525 + 83700 = 95005{,}35 \text{ грн}$$

4.3 Термін окупності додаткових інвестицій, років

$$Т_{ок} = К_п/Е_р \quad (4.15)$$

де $К_п$ – обсяг капітальних інвестицій, грн.

Для реалізації передбачених технологічних операцій необхідно придбати та залучити таку техніку:

– розкидач органічних добрив ПРТ-10;

– трактор Т-150К;

– сівалку СЗП-12;

– культиватор КПС-4.

Загальна сума капітальних вкладень на придбання зазначеного комплексу машин становить $К_п = 201450$ грн.

$$Т_{ок} = 201450/95005{,}35 = 2{,}12 \text{ року}$$

4.4 Розрахунок приведених капіталовкладень у розрахунку на одиницю продукції, грн/т.

$$К_{пр} = К_п/F \cdot У_р \quad (4.16)$$

$$К_{пр} = 201450/(150 \cdot 3{,}5) = 383{,}71 \text{ грн/т}$$

4.5 Річний економічний ефект від упровадження запропонованої технології, грн.

$$Е_{е.еф} = Е_р - Е_н \cdot К_п \quad (4.17)$$

де $Е_н$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності, $Е_н = 0{,}15$.

Усі розраховані показники зведені та подані у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники виробництва озимої пшениці та ефективності використання сільськогосподарської техніки

Показник	Варіант	
	існуючий	проектний
Площа вирощування, га	150	150
Врожайність, т/га	2,57	3,5
Витрати праці, люд.-год/га	14,4	12,24
люд.-год/т	4,3	3,6
Витрати палива, кг/га	67,8	62,9
Собівартість, грн./т	439,5	417,866
Додаткові капіталовкладення, тис. грн.	-	201,45
Річна економія, тис. грн.	-	95,0
Річний економічний ефект, тис. грн.	-	64,79
Термін окупності, років	-	2,12

ВИСНОВОК

У роботі розроблено технологію та організацію виробництва озимої пшениці за прогресивною технологією. Сформований комплекс із 29 технологічних операцій, виконання яких у встановлені агротехнічні строки з дотриманням вимог якості, забезпечує отримання запланованої врожайності на рівні 35 ц/га.

Технологічну карту вирощування і збирання озимої пшениці подано на окремому аркуші разом із графіком виконання механізованих робіт. На їх основі визначено склад системи машин і механізованої ланки для виробництва озимої пшениці. Загальна кількість техніки в системі становить 63 одиниці, у тому числі 7 тракторів (ДТ-75 – 3 шт., МТЗ-80 – 3 шт., Т-150К – 1 шт.), 1 зернозбиральний комбайн СК-5 «Нива» та 55 одиниць сільськогосподарських машин 22 найменувань.

Запропонована модернізація жниварки ЖВР-10 забезпечує підвищення її продуктивності та розширює можливості використання на полях із високою врожайністю. Виконані інженерні розрахунки підтверджують працездатність конструкції, її надійність, роботоспроможність і довговічність.

З метою створення безпечних умов праці механізаторів і зниження негативного впливу на навколишнє середовище проведено аналіз стану охорони праці на підприємстві та розроблено комплекс заходів щодо безпечного виконання механізованих робіт.

Упровадження запропонованої технології вирощування озимої пшениці забезпечує підвищення врожайності до 3,5 т/га та зниження собівартості продукції до 417,866 грн/т, що на 21,63 грн менше порівняно з існуючою технологією. Річний економічний ефект становить 95,0 тис. грн, обсяг додаткових капіталовкладень – 201,45 тис. грн, а термін їх окупності дорівнює 2,12 року, що підтверджує економічну доцільність впровадження розроблених рішень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія вирощування насіння пшениці озимої : методичні рекомендації / В. П. Кавунець, О. А. Дубовик, Л. М. Правдзіва та ін. Миронівка : Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла НААН України, 2024. 64 с.

2. Технологія вирощування озимої пшениці: етапи, нюанси та відмінності залежно від регіону. SuperAgronom.com. URL: https://superagronom.com/articles/290-tehnologiya-viroschuvannya-ozimoyi-pshenitsi-etapi-nyuansi-ta-vidminnosti-zalejno-vid-regionu

3. Рекомендації з особливостей технології вирощування сільськогосподарських культур в умовах змін клімату. Кропивницький : Інститут сільського господарства Степу НААН, 2018. 72 с.

4. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол.: М. В. Зубець, В. П. Ситник, М. Д. Безуглий та ін. Київ : Аграрна наука, 2010. 986 с.

5. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.

6. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

7. Надикто В. Т. Основи агрегатування модульних енергетичних засобів : монографія. Мелітополь : КП «ММД», 2003. 240 с.

8. Погорілий Л. В., Коваль С. М. Машиновикористання в землеробстві. Київ : Урожай, 1996. 384 с.

9. Типові норми продуктивності та витрат палива на механізовані польові роботи. Київ : ННЦ «ІМЕСГ», 2014. 120 с.

10. Норми виробітку і витрати палива на механізовані польові роботи. Київ : Урожай, 1995. 456 с.

11. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 16 с.

12. ДСТУ ISO 4254-1:2018. Сільськогосподарські машини. Безпечність. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

13. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

14. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

15. Wheat: Post-harvest Operations / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome : FAO, 2012. 56 p.

16. Agribusiness Handbook: Wheat Flour / Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome : FAO, 2009. 58 p.

17. ASABE EP496.3. Agricultural Machinery Management. St. Joseph, Michigan : American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2015.

18. ASABE D497.7. Agricultural Machinery Management Data. St. Joseph, Michigan : American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2011.

19. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P., Buckmaster D. R. Engineering Principles of Agricultural Machines. 2nd ed. St. Joseph, Michigan : ASABE, 2006. 588 p.

20. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. 10th ed. Ames : Iowa State University Press, 2001. 368 p.

21. Kepner R. A., Bainer R., Barger E. L. Principles of Farm Machinery. 3rd ed. Westport : AVI Publishing Company, 1978. 527 p.

22. Karayel D., Wiesehoff M., Özmerzi A., Müller J. Laboratory measurement of seed drill seed spacing and velocity of fall of seeds using high-speed camera system. Computers and Electronics in Agriculture. 2006. Vol. 50, no. 2. P. 89–96.

23. Miu P. I. Combine Harvesters: Theory, Modeling, and Design. Boca Raton : CRC Press, 2016. 460 p.

24. Kanafojski C., Karwowski T. Agricultural Machines: Theory and Construction. Vol. 2. Warsaw : Foreign Scientific Publications Department, 1976. 602 p.