

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці
озимої з розробкою конструкції ґрунтообробного агрегату**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-22

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Богів Володимир Володимирович

Керівник: _____ Деркач Олексій Дмитрович

Рецензент: _____

ДНІПРО – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП _____.

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ СТУДЕНТУ

Богіву Володимиру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою конструкції ґрунтообробного агрегату

керівник роботи Деркач Олексій Дмитрович, к.т.н., доцент

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

2. **Строк подання студентом роботи** 10.06.2026.

3. **Вихідні дані до роботи** Статистичні дані щодо вирощування сільськогосподарських культур в Україні. Аналіз літературних джерел щодо ефективності технологій вирощування пшениці озимої та факторів, що мають вагомий вплив на її врожайність.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Проаналізувати місце пшениці озимої в структурі посівів с.-г. культур. Розглянути вплив технологічних заходів на врожайність пшениці озимої. Виконати проектування технології вирощування пшениці озимої. Запропонувати технічне рішення щодо удосконалення конструкції ґрунтообробного агрегату. Виконати інженерно-технічні розрахунки. Навести вимоги охорони праці при виконанні ґрунтообробних робіт. Виконати техніко-економічний аналіз впровадження результатів дипломного проєкту. Загальні висновки. Список використаних джерел.

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

6.Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Деркач.О.Д., Доцент		

7.Дата видачі завдання: 03.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ З/П	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання Етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		Виконано
2	Технологічний		Виконано
3	Конструкційний		Виконано
4	Охорона праці		Виконано
5	Економічний		Виконано

Студент

_____ Богів.В.В

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Деркач О. Д.

№	формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітки
			Текстові документи			
1	A4	48ДП.006.000.000ПД	Пояснювальна записка			
			Графічні матеріали:			
2	A1	48ДП.007.000.000.ГР	Аналіз вирощування пшениці озимої	1		
3	A1	48ДП.007.000.000.ТК	План механізованих робіт вирощування пшениці озимої	1		
4	A1	48ДП.007.000.000.ВЗ	Борона Дискова Pallada- 6000 (загальний вид)	1		
5	A1	48ДП.007.000.000.ВЗ	Каток подрібнювач (загальний вид)	1		
7	A1	48ДП.007.000.000.ПЕ	Техніко-економічний показник	1		

(підпис)

(прізвище та ініціали)

					48ДП.007.000.000.ПД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Відомість дипломного проєкту		
Розроб.		Богів.В.В.					
Перевір.		Деркач О. Д.					
Т. Контр.							
Н. Контр.		Деркач О. Д.					
Затверд.		Деркач О.Д.			ДДАЕУ AI-1-22		
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	1

АНОТАЦІЯ

Богів.В.В. Удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою конструкції ґрунтообробного агрегату / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ. Дніпро. 2026.

В дипломному проєкті проведений огляд сільськогосподарського значення та технологій вирощування пшениці озимої. Проаналізовано конструкції машин для обробітку ґрунту. У роботі виконано тягово-енергетичний аналіз роботи проєктованого агрегату. Розроблено технічне рішення щодо удосконалення конструкції дискової борони, шляхом обладнання її катком-подрібнювачем. Виконані розрахунки щодо надійності конструкції й також довговічності елементів конструкції катка-подрібнювача. Розглянуто основні вимоги безпеки праці при виконанні робіт з обробітку ґрунту та проведенні електродугового ручного зварювання. Проведено техніко-економічну оцінку проєкту.

Ключові слова: пшениця озима, обробіток ґрунту, коток-подрібнювач, дискова борона.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ	10
1.1. Сільськогосподарське значення озимої пшениці та її місце в господарстві	10
1.2. Сучасні технології вирощування озимої пшениці.....	12
1.3. Технічне забезпечення вирощування озимої пшениці	18
1.4. Обґрунтування теми дипломного проєкту	19
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ	22
2.1 Розробка технологічних процесів вирощування пшениці озимої	22
2.2. Кінематичний розрахунок агрегату та підготовка поля до роботи ..	23
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ	34
3.1 Опис технічного рішення щодо удосконалення конструкції Pallada-6000.	34
3.2 Розрахунок на міцність подовжувача рами комбінованого агрегату	36
3.3 Розрахунок довговічності підшипникового вузла катка-подрібнювача.	38
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.....	41
4.1. Вимоги безпеки при виконанні технологічної операції дискування	41
4.2. Вимоги безпеки при виконанні електродугового ручного зварювання.	42
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	44
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
ДОДАТКИ	57

ВСТУП

Пшениця озима традиційно посідає стратегічне місце в агропромисловому комплексі України, будучи головною продовольчою культурою та фундаментом експортного потенціалу держави. За останні роки, попри складні макроекономічні та безпекові умови, площі під пшеницею стабільно тримаються на рівні понад 4,5–4,7 млн га. Ця культура є не просто товаром, а ключовим інструментом забезпечення продовольчої безпеки та стабільного надходження валютної виручки, що в сучасних умовах є критично важливим для стабілізації економіки країни. Окрім експорту сировини, Україна має значний потенціал у переробці пшениці на продукти з високою доданою вартістю — від борошна та макаронних виробів до крохмалю та біоетанолу, що відкриває нові горизонти для вітчизняних агровиробників на світовому ринку.

Проте, сучасний етап розвитку зернового господарства в Україні характеризується низкою системних викликів. Перш за все, це глобальні кліматичні зміни, які проявляються у дефіциті продуктивної вологи, частих посухах та зміщенні оптимальних термінів сівби. У таких умовах традиційні підходи до обробітку ґрунту, що базуються на інтенсивній оранці, часто стають малоефективними, призводять до ерозії, переущільнення родючого шару та значних втрат вологи через випаровування. Саме тому все більшої актуальності набуває впровадження вологозберігаючих та енергоефективних технологій, таких як «Mini-till» та комбінований обробіток ґрунту.

Ефективність вирощування пшениці озимої безпосередньо залежить від якості передпосівної підготовки поля. Аналіз структури витрат у технологічному циклі вирощування зернових показує, що лєвова частка енергетичних та фінансових витрат (до 30–40%) припадає саме на основний та передпосівний обробітки ґрунту. Висока вартість паливно-мастильних матеріалів, запасних частин та логістики вимагає від інженерно-технічної служби господарств пошуку шляхів мінімізації кількості проходів агрегатів по полю без втрати якості агротехнічних операцій.

Застосування багатофункціональних ґрунтообробних агрегатів дозволяє за один прохід виконувати кілька технологічних операцій: підрізання бур'янів, розпушування, вирівнювання та ущільнення верхнього шару ґрунту для створення ідеального «ложа» для насіння. Це не лише забезпечує дружність сходів озимини, а й дозволяє значно скоротити витрати дизельного пального, зменшити техногенне навантаження на ґрунт та оптимізувати використання наявного парку тракторів (зокрема, найбільш розповсюджених тягових класів, таких як 1.4–2.0, до яких відноситься МТЗ-82.1). Та також тракторів тягових класів 3.0–4.0, а точніше (ХТЗ 249К20)

Актуальність даного дипломного проєкту зумовлена необхідністю технічного переоснащення аграрного сектора інструментами, які б поєднували в собі високу продуктивність, надійність та адаптивність до мінливих агрокліматичних умов України. Удосконалення конструкції ґрунтообробного агрегату є логічним кроком у розвитку сучасного землеробства, що дозволить фермерським господарствам підвищити рентабельність виробництва пшениці за рахунок економії ресурсів та збереження родючості земель.

Метою дипломного проєкту є розробка (або вдосконалення) технології вирощування пшениці озимої та обґрунтування конструктивних параметрів ґрунтообробного агрегату, що забезпечить створення оптимальних умов для росту культури при одночасному зниженні енергоємності процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Виконати огляд технологій вирощування пшениці озимої
2. Провести заходи щодо проектування технологічних процесів вирощування пшениці
3. Виконати роботи щодо удосконалення конструкції дискової борони, шляхом обладнання її катком-подрібнювачем. Провести розрахунки щодо надійності конструкції та довговічності елементів конструкції катка-подрібнювача.

4. Навести основні вимоги безпеки праці при виконанні робіт з обробітку ґрунту та проведенні електродугового ручного зварювання.
5. Провести техніко-економічну оцінку технічного рішення.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ

1.1. Сільськогосподарське значення озимої пшениці та її місце в господарстві

Озима пшениця залишається однією з найважливіших стратегічних культур в Україні. Вона забезпечує значну частку продовольчої безпеки держави, є основним джерелом борошна для хлібопекарської промисловості та одним з головних експортних товарів аграрного сектору.

За даними Державної служби статистики України та аналітичних агентств, у 2025 році валовий збір зернових та зернобобових культур в Україні склав 60,79 млн тонн. З них на озиму пшеницю припадає близько 23,27 млн тонн [1, 2]

Динаміка посівних площ під зернові та зернобобові культури за останні роки свідчить про певну стабілізацію після складного 2022 року, хоча показники ще не досягли довоєнного рівня.



Рисунок 1.1 – Динаміка посівних площ озимої пшениці в Україні, млн га (2022–2025 рр.)

У структурі посівних площ зернових культур озима пшениця продовжує займати лідируюче місце, хоча її частка дещо зменшилася на користь більш маржинальних культур, таких як кукурудза.

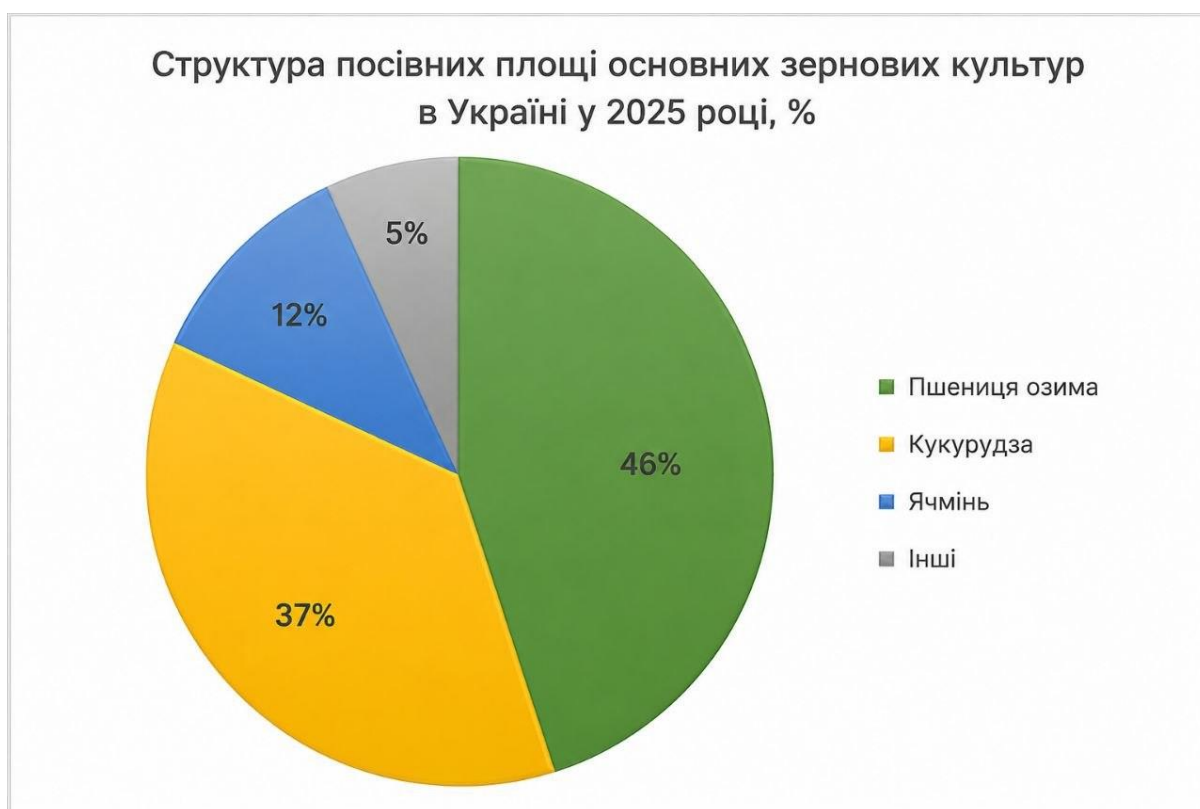


Рис.1.2 - Структура посівних площі основних зернових культур в Україні 2025 році. [1]

Лідерами з виробництва озимої пшениці традиційно є області степової та лісостепової зон. Значний внесок в загальний валовий збір вносить і Дніпропетровська область, яка входить у трійку-четвірку регіонів-лідерів за виробництвом цієї культури. [3]

Однак отримання стабільно високих урожаїв озимої пшениці в умовах Придніпров'я ускладнюється низкою факторів. Серед них — недостатнє забезпечення продуктивною вологою в критичні періоди розвитку рослин, зростання проявів ерозії ґрунтів та їх ущільнення внаслідок багаторазових проходів важкої техніки. Традиційні технології основного обробітку ґрунту (відвальна оранка) у поєднанні з дискуванням часто призводять до інтенсивних втрат вологи та руйнування структури ґрунту.

У сучасних умовах все більшої актуальності набувають ґрунтозахисні ресурсозберігаючі технології (мінімальний та нульовий обробіток), які передбачають використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів. Такі машини дозволяють за один прохід виконувати декілька операцій (подрібнення пожнивних решток, лущення, культивацію, вирівнювання), що суттєво зменшує кількість проходів техніки по полю, зберігає вологу та позитивно впливає на родючість ґрунту.

Саме удосконалення техніки для ґрунтообробки при вирощуванні озимої пшениці з обґрунтуванням ґрунтозахисних заходів є метою даного дипломного проєкту.

1.2. Сучасні технології вирощування озимої пшениці

Озима пшениця є однією з найважливіших зернових культур в Україні. Вона займає значну частину посівних площ та має велике значення для забезпечення продовольчої безпеки держави. Високий рівень урожайності озимої пшениці значною мірою залежить від правильно обраної технології вирощування, яка включає систему обробітку ґрунту, підготовку поля до сівби, внесення добрив, захист рослин та використання сучасної техніки.

У сучасному землеробстві України застосовують кілька основних систем обробітку ґрунту при вирощуванні озимої пшениці. Вони суттєво відрізняються за інтенсивністю впливу на ґрунт, рівнем витрат ресурсів та ступенем збереження його родючості. Вибір конкретної технології залежить від ґрунтово-кліматичних умов, матеріально-технічного забезпечення господарства, попередника культури та економічної доцільності.

Традиційна (відвальна) технологія передбачає проведення оранки на глибину 20–25 см з подальшим дискуванням, культивацією та передпосівною підготовкою ґрунту. Така система забезпечує якісне загортання рослинних решток, ефективне знищення бур'янів та створення сприятливих умов для проростання насіння. Крім того, оранка сприяє розпушенню верхнього шару

грунту та покращує його аерацію. Однак ця технологія має і певні недоліки. Насамперед це значні витрати пального, велика кількість проходів техніки по полю та підвищені витрати часу на виконання польових робіт. Також інтенсивний механічний вплив призводить до руйнування структури ґрунту, збільшення втрат вологи та посилення ерозійних процесів, особливо на схиліх землях.

У зв'язку зі зростанням вартості паливно-мастильних матеріалів та необхідністю збереження родючості ґрунтів останніми роками все більшого поширення набувають ресурсощадні технології. Однією з них є мінімальний обробіток ґрунту (Mini-Till). Його сутність полягає у скороченні кількості технологічних операцій та зменшенні глибини механічного впливу на ґрунт. Замість оранки застосовують поверхневе або середньоглибинне розпушення за допомогою дискових борін, чизеля чи комбінованих агрегатів.[4]

Технологія Mini-Till дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, скоротити витрати пального та підвищити продуктивність праці. Крім того, частина пожнивних решток залишається на поверхні поля, утворюючи захисний шар, який знижує випаровування вологи та захищає ґрунт від водної і вітрової ерозії. Особливо важливим це є для степової зони України, де нестача вологи часто є одним із головних факторів, що обмежують урожайність озимої пшениці.

Ще більш ґрунтозахисною є технологія нульового обробітку ґрунту (No-Till). Вона передбачає повну відмову від механічного обробітку після збирання попередника. Насіння висівають безпосередньо в необроблений ґрунт за допомогою спеціальних сівалок прямого висіву. Пожнивні рештки залишаються на поверхні поля та виконують функцію природної мульчі.



Рис.1.3 Врожайність озимої пшениці залежно від способу обробітку ґрунту (т/га)

На рис.1.3 Як видно у 2023 році, який характеризувався відносно сприятливими погодними умовами, найвища врожайність була отримана при використанні класичної оранки — 6,2 т/га. Показники при мінімальному обробітку (mini-till) та нульовому обробітку (no-till) були дещо нижчими і склали відповідно 6,1 т/га та 6,0 т/га. Різниця між технологіями була незначною.

У 2024 році ситуація залишалась подібною. Класична оранка забезпечувала 5,9 т/га, mini-till — 5,8 т/га, тоді як технологія no-till продемонструвала певну стабільність і показала 6,1 т/га, тобто перевищила класичний обробіток на 0,2 т/га. [3]

Найбільш показовим став 2025 рік, який виявився досить посушливим, особливо в південних та східних регіонах України. У цих умовах чітко проявилася перевага ресурсозберігаючих технологій. Врожайність при класичній оранці знизилася до 3,8 т/га, тоді як при mini-till вона склала 4,0 т/га, а при no-till — 4,2 т/га. Таким чином, різниця між класичним обробітком та нульовим досягла 0,4 т/га на користь no-till.

Основними перевагами No-Till є максимальне збереження вологи, зменшення ерозійних процесів, скорочення витрат пального та підвищення біологічної активності ґрунту. Разом з тим ця технологія потребує високого рівня організації виробництва. Особливого значення набуває система захисту рослин, оскільки боротьба з бур'янами здійснюється переважно за допомогою гербіцидів. Крім того, перехід на No-Till часто супроводжується певними труднощами, оскільки ґрунт потребує часу для адаптації до нової системи господарювання. [4]

Важливим елементом сучасних технологій вирощування озимої пшениці є використання високопродуктивної техніки та багатофункціональних машин. Сучасні аграрні підприємства прагнуть мінімізувати кількість проходів техніки по полю, оскільки кожен додатковий прохід призводить до ущільнення ґрунту, збільшення витрат пального та підвищення собівартості продукції.

Саме тому значного поширення набули комбіновані ґрунтообробні агрегати, які здатні виконувати декілька технологічних операцій одночасно. Залежно від конструкції такі машини можуть здійснювати подрібнення рослинних решток, лушення стерні, розпушення ґрунту, вирівнювання поверхні поля та часткове ущільнення посівного шару. Використання подібних агрегатів дозволяє скоротити строки виконання польових робіт та підвищити ефективність використання машинно-тракторного парку.

Для умов Дніпропетровської області особливо актуальним є застосування ґрунтозахисних технологій, оскільки регіон характеризується недостатнім та нестійким зволоженням. У таких умовах збереження вологи має велике значення для формування майбутнього врожаю. Саме тому багато господарств відмовляються від інтенсивного обробітку ґрунту на користь мінімальних або комбінованих систем.

У ТОВ «Агро КМР», як і в багатьох сучасних сільськогосподарських підприємствах регіону, все частіше застосовують комбіновані технології обробітку ґрунту. Вони поєднують окремі елементи традиційного та

мінімального обробітку, що дозволяє враховувати особливості конкретного поля, погодні умови та виробничі потреби господарства. Такий підхід сприяє більш раціональному використанню ресурсів і забезпечує належну якість підготовки ґрунту під посів озимої пшениці.

Ефективність сучасних технологій значною мірою визначається технічним оснащенням господарства. Від якості роботи ґрунтообробних машин залежить рівномірність обробітку, стан посівного ложа, рівень збереження вологи та подальший розвиток рослин. Тому постійне вдосконалення конструкцій сільськогосподарської техніки є важливим напрямком розвитку аграрного виробництва.

Отже, сучасні технології вирощування озимої пшениці спрямовані на поєднання високої продуктивності з раціональним використанням природних і матеріальних ресурсів. Застосування мінімального та комбінованого обробітку ґрунту дозволяє знизити виробничі витрати, зберегти родючість ґрунту та підвищити ефективність вирощування культури. Саме тому удосконалення конструкції ґрунтообробного агрегату з метою підвищення його ефективності та ґрунтозахисних властивостей є актуальним напрямком удосконалення технології вирощування озимої пшениці.

Площі посівів озимої пшениці за областями України, тис. га

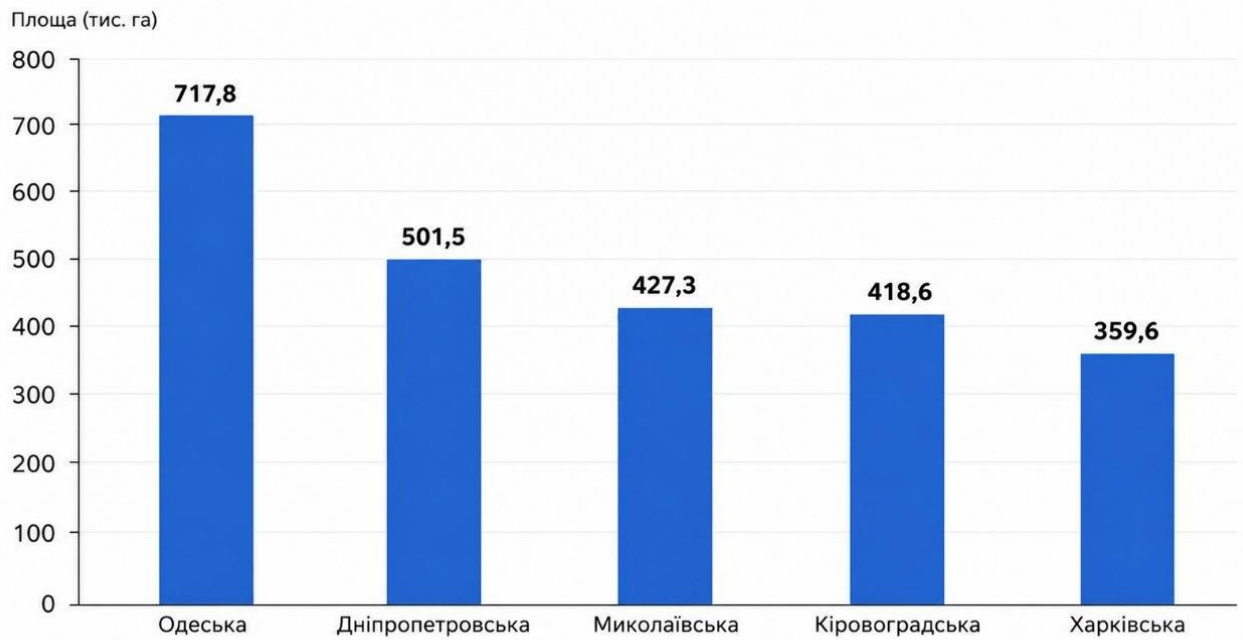


Рис.1.4 Площі посівів озимої пшениці за областями України, тис.га

Аналіз посівних площ озимої пшениці за областями України свідчить про значну концентрацію виробництва культури в степовій та лісостеповій зонах країни. Найбільша площа посівів озимої пшениці зосереджена в Одеській області і становить 717,8 тис. га. Це пояснюється сприятливими ґрунтово-кліматичними умовами регіону, високою часткою сільськогосподарських угідь та традиційною спеціалізацією на вирощуванні зернових культур.

Друге місце за площею посівів займає Дніпропетровська область із показником 501,5 тис. га. Високі значення пояснюються значними площами ріллі та широким використанням сучасних технологій вирощування зернових культур. Третє місце належить Миколаївській області, де площа посівів становить 427,3 тис. га.

До п'ятірки регіонів-лідерів також входять Кіровоградська та Харківська області з показниками 418,6 та 359,6 тис. га відповідно. Незважаючи на дещо менші площі, ці регіони відіграють важливу роль у забезпеченні валового виробництва зерна в Україні.

Отримані дані свідчать про те, що найбільші площі посівів озимої пшениці зосереджені в регіонах із високим рівнем розвитку зернового господарства та сприятливими природно-кліматичними умовами. Це підтверджує важливість озимої пшениці як однієї з основних продовольчих культур та її значний внесок у забезпечення продовольчої безпеки держави.

1.3. Технічне забезпечення вирощування озимої пшениці

Вирощування озимої пшениці вимагає добре збалансованого машинно-тракторного парку, який здатний виконувати весь комплекс робіт від основного обробітку ґрунту до збирання врожаю. У більшості середніх і великих господарств використовують техніку різної потужності — від універсальних тракторів до потужних енергетичних засобів.

Серед універсальних тракторів широке застосування має трактор МТЗ-82.1— Це колісний трактор тягового класу 1,4. Він характеризується високою маневреністю, надійністю та універсальністю. У технології вирощування озимої пшениці МТЗ-82.1 активно використовується не тільки в обробітку ґрунту, культивації, боронування, а також і внесені гербіцидів, добрив, та перевіз причіпів, він менше ущільнює ґрунт порівняно з важчими машинами

Для виконання енергоємних операцій основного обробітку ґрунту (глибоке розпушення, чизелювання, важке дискування) в господарствах використовують потужніші трактори. Одним з таких є ХТЗ-249К20 — колісний трактор тягового класу 4.0 виробництва ХТЗ. Трактор обладнаний сучасною кабіною з високим рівнем комфорту, системою навісного обладнання та можливістю роботи з широкозахватними знаряддями. Завдяки високій тяговій потужності ХТЗ-249К20 ефективно агрегатується з важкими дисковими боронами, чизельними культиваторами та комбінованими ґрунтообробними агрегатами

Крім цих машин, у парку господарств присутні також потужні імпорتنі трактори John Deere, які використовуються для найвідповідальніших операцій.

Серед ґрунтообробної техніки найбільш поширеними є дискові борони (John Deere 637, 770, БДТ), культиватори, чизелі та комбіновані агрегати. Однак значна частина парку все ще складається з окремих машин, що призводить до великої кількості проходів по полю. Це, у свою чергу, викликає надмірне ущільнення ґрунту, особливо при роботі важких тракторів типу ХТЗ-249К20 на вологому ґрунті.

Таким чином, удосконалення ґрунтообробної техніки шляхом створення або модернізації комбінованих агрегатів, здатних виконувати кілька операцій за один прохід, є важливим напрямком зниження негативного впливу техніки на ґрунт та підвищення ефективності вирощування озимої пшениці.

1.4. Обґрунтування теми дипломного проєкту

Аналіз сучасного стану технічного та технологічного забезпечення вирощування пшениці озимої в Україні, зокрема в умовах Придніпров'я, свідчить про наявність гострих протиріч між вимогами сучасних агротехнологій та реальними можливостями наявного машинно-тракторного парку. З одного боку, глобальні кліматичні зміни, дефіцит продуктивної вологи у критичні періоди розвитку рослин та ризик водної і вітрової ерозії ґрунтів вимагають негайного переходу від традиційної глибокої оранки до вологозберігаючих та ресурсощадних технологій типу Mini-till. З іншого боку, значна частина парку техніки агрогосподарств досі складається з окремих однофункціональних машин, що змушує виробників здійснювати велику кількість проходів агрегатів по полю для виконання дискування, культивації та передпосівного вирівнювання.

Багаторазові проходи техніки, особливо важких енергонасичених тракторів класу 3.0–4.0 (таких як ХТЗ-249К20) по зволоженому або пересушеному ґрунту, призводять до його надмірного техногенного переущільнення, руйнування природної структури та інтенсивних втрат залишків вологи через випаровування. Окрім суто агрономічних втрат, такий підхід суттєво підвищує фінансові витрати на паливно-мастильні матеріали та

логістику, які у структурі витрат на передпосівну підготовку поля можуть сягати до 30–40%.

Ефективним інженерним рішенням цієї проблеми є мінімізація обробітку шляхом суміщення кількості технологічних операцій за один прохід комбінованого агрегату. Застосування багатофункціонального ґрунтообробного знаряддя дозволяє одночасно здійснювати підрізання бур'янів, розпушування, якісне вирівнювання та фінішне ущільнення верхнього шару для створення оптимального «ложа» для насіння. Це забезпечує отримання дружніх сходів озимини, кардинально знижує навантаження на ґрунт, економить дизельне паливо та дозволяє раціонально й ефективно використовувати наявні в господарствах трактори (зокрема МТЗ-82.1 та ХТЗ-249К20).

Таким чином, тема дипломного проєкту, що спрямована на удосконалення використання техніки при вирощуванні пшениці озимої з розробкою конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату, є надзвичайно актуальною. Вона має важливе практичне та економічне значення для підвищення рентабельності виробництва зерна, зниження енергоємності процесів та збереження родючості українських земель.

Досягнути вказаної мети можливо за рахунок вирішення наступних задач:

1. Виконати аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку технологій вирощування пшениці озимої, а також провести патентно-літературний огляд існуючих технічних рішень щодо комбінованих ґрунтообробних агрегатів.

2. Обґрунтувати та спроектувати прогресивну технологію вирощування пшениці озимої в умовах господарства з оптимізацією параметрів використання машинно-тракторного парку (зокрема тракторів ХТЗ-249К20 та МТЗ-82.1).

3. Виконати конструкторську розробку щодо удосконалення дискової борони Pallada-6000 шляхом її дообладнання додатковим катками-подрібнювачами для забезпечення якісного передпосівного обробітку за один

прохід агрегату; провести інженерні розрахунки надійності конструкції, деформацію, довговічність підшипникового вузла.

4. Розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виконанні механізованих ґрунтообробних робіт у польових умовах та при проведенні ручного електродугового зварювання під час монтажу модернізованих елементів агрегату.

5. Провести техніко-економічну оцінку запропонованих інженерних рішень, розрахувати річний економічний ефект та термін окупності капітальних вкладень у модернізацію борони Pallada-6000.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

2.1 Розробка технологічних процесів вирощування пшениці озимої

У дипломному проєкті для вирощування пшениці озимої обрано мінімальну технологію обробітку ґрунту. Основною особливістю запропонованої технології є використання дискового знаряддя на базі модернізованої борони Паллада-6000, що обладнана вдосконаленим катком-подрібнювачем пожнивних решток із можливістю зміни його маси для адаптації до конкретних умов агрофону.

Попередником для вирощування пшениці озимої обрано поле після збирання сояшника. Система основного обробітку ґрунту включає технологічну операцію дискування стерні за допомогою модернізованої дискової борони Паллада-6000 в агрегаті з трактором ХТЗ-249К.20 на глибину до 14...16 см. Виконання цієї операції заплановано на початок або середина вересня, залежно від строків збирання попередника.

Наступною технологічною операцією є передпосівний обробіток із подальшою сівбою та одночасним внесенням стартової дози мінеральних добрив (нітроамофоска, 120 кг/га). Орієнтовний термін виконання сівби — друга половина вересня – початок жовтня. Посівний матеріал — насіння сорту Одеська епоха з нормою висіву 4,5...5,0 млн насінин на гектар (орієнтовно 200...220 кг/га).[5][6][7]

У ранньовесняний період по мерзлоталому ґрунту виконується перше підживлення посівів аміачною селітрою з нормою 120 кг/га за допомогою розкидача мінеральних добрив. Для контролю забур'яненості у фазі кущення — на початку виходу в трубку здійснюється внесення гербіциду Прима з нормою діючої речовини 0,5 л/га та витратою робочого розчину 120...150 л/га.

У першій половині травня заплановано комплексний фунгіцидний захист препаратами Рекс Дуо (0,4 л/га) та Фалькон (0,6 л/га) з одночасним

позакореневим підживленням карбамідом (5 кг/га) та сульфатом магнію (2,5 кг/га). Наприкінці фази виходу в трубку (початок червня) для запобігання вилягання посівів вноситься бакова суміш регулятора росту Терпал (1,5 л/га)

Збирання врожаю пшениці озимої виконується прямим комбайнуванням самохідними зернозбиральними комбайнами у фазі повної стиглості. З урахуванням вказаних технологічних операцій виконується складання плану механізованих робіт. Розрахунок елементів технологічної карти виконується спираючись на відому методику. Для забезпечення безперебійної роботи машинно-тракторних агрегатів у плані механізованих робіт, окрім основних операцій, передбачено відповідні допоміжні: навантаження та транспортування насіннєвого матеріалу, мінеральних добрив, підвезення технічної води для приготування розчинів пестицидів.

Для того, щоб виконати дисковий обробіток ґрунту в оптимальні агротехнічні строки, необхідно розрахувати потрібну кількість машинно-тракторних агрегатів та робочу силу.

2.2. Кінематичний розрахунок агрегату та підготовка поля до роботи

Виконаємо розрахунок інших даних для внесення до плану механізованих робіт при виконанні дискування стерні попередника, агрегатом що складається з трактора ХТЗ-249К20 та дискової борони Pallada-6000/

Визначемо тяговий опір дискової борони за формулою: [19]

$$R=f \cdot G+k \cdot B \cdot a$$

$f=0,15$ — коефіцієнт опору коченню;

$G = 31,4$ кН (вага борони 3200 кг);

$B = 6$ м (ширина захвату);

$a = 0,16$ м (глибина обробітку);

$k=3,5$ Н/см²=35 кН/м² (питомий опір ґрунту).

Розрахунок:

Опір коченню: $R_k=0,15 \cdot 31,4=4,71$ кН

Опір ґрунту різанню:

$$R_{cut}=35 \cdot 6 \cdot 0,16=33,6 \text{ кН}$$

Загальний тяговий опір (R):

$$R=4,71+33,6=38,31 \text{ кН}$$

Тягово-енергетичний аналіз (ХТЗ-249К.20 + Паллада-6000)

Трактор ХТЗ-249К.20 (240 к.с. / 176,5 кВт) при номінальному тяговому зусиллі 40 кН є оптимальним для цього агрегату.

Необхідна потужність двигуна (N_e):

При номінальній потужності 240 к.с. (176,5 кВт) і цільовому навантаженні 90%:

$$N_e=176,5 \cdot 0,90=158,85 \text{ кВт}$$

Потужність на гаку (N_k):

Враховуючи ККД трансмісії та ходової системи ($\eta=0,7$):

$$N_k=N_e \cdot \eta=158,85 \cdot 0,7=111,2 \text{ кВт}$$

За результатами тягово-енергетичного аналізу встановлено, що для забезпечення ефективного завантаження двигуна трактора ХТЗ-249К.20 на рівні 90% (що відповідає енергоефективному режиму роботи при використанні сучасних дизельних двигунів) оптимальна робоча швидкість агрегату повинна становити 10,5 км/год.

Вибір робочої передачі трактора ХТЗ-249К.20

Згідно з кінематичною схемою коробки передач трактора ХТЗ-249К.20, розрахована швидкість 10,5 км/год найкраще відповідає II діапазону, 2-й передачі (номінальна швидкість на цій передачі становить близько 9,5-11 км/год).

Висновок: Для виконання дискування на глибину 16 см ґрунтообробним агрегатом ХТЗ-249К.20 + Pallada-6000 найефективнішим режимом є робота на 2-й передачі II діапазону. Це забезпечить оптимальне завантаження двигуна та допустиме буксування коліс (до 12%) та необхідну кінетичну енергію для якісного кришіння ґрунту і підрізання пожнивних решток.

Для оцінки енергетичної ефективності роботи запроєктованого машинно-тракторного агрегату та визначення резерву потужності двигуна розраховуємо необхідну експлуатаційну потужність двигуна для обраного швидкісного режиму роботи (II діапазон, 2-а передача, номінальна швидкість трактора без буксування $V_{\text{ном}} = 10,5$ км/год).

$$N_{\text{необх}} = \frac{R_a \cdot V_{\text{ном}}}{3,6 \cdot \eta_{\text{тр}}}$$

Де:

- * R_a — тяговий опір дискової борони на глибині 16 см
- * $V_{\text{ном}}$ — номінальна швидкість трактора на обраній передачі (10,5 км/год);
- * $\eta_{\text{тр}}$ — коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора ХТЗ-249К.20 ($\eta_{\text{тр}} = 0,72$);
- * 3,6 — перевідний коефіцієнт швидкості з км/год у м/с.

Підставляємо значення у формулу:

$$N_{\text{необх}} = \frac{43,2 \cdot 10,0}{3,6 \cdot 0,72} = \frac{432}{2,592} = 166,67 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт завантаження двигуна трактора (κ_3 , %) визначається як відношення необхідної потужності до номінальної експлуатаційної потужності двигуна ХТЗ-249К.20 ($N_e = 176$ кВт):

$$\kappa_3 = \frac{N_{\text{необх}}}{N_e} \cdot 100$$

Підставляємо свої розрахунки у формулу і в нас виходить:

$$\kappa_3 = \frac{166,67}{176} \cdot 100$$

Висновок: Розрахунковий коефіцієнт завантаження двигуна трактора ХТЗ-249К.20 при роботі з бороною Pallada-6000 на глибині 16 см становить **90%**

Згідно з вимогами експлуатації МТП, оптимальний коефіцієнт завантаження двигуна на важких ґрунтообробних операціях має перебувати в межах 85–95%. Отримане значення (90%) свідчить про ефективне використання енергетичних ресурсів трактора та високу паливну економічність агрегату. При цьому залишається необхідний технологічний резерв потужності (10%) для подолання можливого короткочасного збільшення опору ґрунту через рельєф або підвищену щільність ділянок поля.

Перед початком роботи МТА необхідно вибрати правильний напрямок і спосіб руху агрегату. Оскільки у нас широкозахватна причіпна дискова борона Pallada, для мінімізації неохолоджених (холостих) поворотів обираємо човниковий спосіб руху з петльовими поворотами. Напрямок руху МТА вибирається вздовж довшої сторони загінки (поля).

Кінематична довжина агрегату (е, м)

Це відстань від осі повороту трактора до задньої точки знаряддя. Розраховується як сума довжини трактора та дискової борони:

$$e = l_{\text{тр}} + l_{\text{зн}}$$

Де:

$l_{\text{тр}}$ — довжина трактора ХТЗ-249К.20 (6,4 м);

$l_{\text{зн}}$ — довжина борони Pallada-6000 у робочому положенні (4.9 м).

$$E = 6.4 + 4.9 = 11.5 \text{ м}$$

Кінематичний радіус повороту агрегату (R, м)

Для шарнірно-зчленованих тракторів ХТЗ мінімальний радіус повороту становить близько 6,5 м. З урахуванням причіпного знаряддя, для безпечного маневрування без занесення дисків приймаємо кінематичний радіус повороту:

$$R=7,5 \text{ м}$$

Розрахунок ширини поворотної смуги (E, м)

Поворотна смуга відбивається на краях поля, щоб агрегат міг розвернутися на холостому ході. Розраховується за стандартною формулою кафедри ЕМТП:

$$E=1,5 \cdot R + e$$

$$E=1,5 \cdot 7,5 + 11,5 = 22,75$$

Обов'язковою агротехнічною вимогою є те, щоб ширина поворотної смуги була кратною ширині захвату агрегату ($B = 6 \text{ м}$). Тому округлюємо отримане значення у більшу сторону до найближчого кратного числа:

$$E=24 \text{ м} \quad (\text{що дорівнює рівно 4 проходів агрегату})$$

Довжина холостого ходу на один поворот (L_{xx} м)

Для човникового способу руху довжина траєкторії, яку долає агрегат на поворотній смузі, становить:

$$L_{\text{xx}}=3,14 \cdot R + 2 \cdot e$$

$$L_{\text{xx}}=23,55 + 23,0 = 46,55 \text{ м}$$

Оцінка ефективності руху (Коефіцієнт робочих ходів, φ)

Показує доцільність обраного способу руху. Для розрахунку приймемо стандартну середню довжину поля в господарстві $L = 1000 \text{ м}$.

Робоча довжина заїмки (L_p) без урахування двох поворотних смуг становить: 1000м.

Розрахунок робочої довжини гону (L_p)

Це та ділянка, де агрегат безпосередньо виконує роботу (дискування).

$$L_p = L - 2 \cdot E$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 22,75 = 1000 - 45,5 = 954,5 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів (φ)

Цей коефіцієнт показує, яку частку від загального шляху (робочий + холостий) агрегат проходить безпосередньо виконуючи роботу. Чим він ближчий до 1, тим ефективніше працює агрегат на полі. Визначається за цією формулою

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{xx}}$$

Де:

* $L_p = 954,5$ м (робочий шлях);

* $L_{xx} = 46,55$ м (шлях на холостому ході/розворот).

Розрахуємо:

$$\varphi = \frac{954,5}{954,5 + 46,55} = \frac{954,5}{1001,05} \approx 0,953$$

Ефективність руху агрегату оцінюється коефіцієнтом робочих ходів φ . При довжині гону 1000 м, робоча довжина становить 954,5 м. Розрахований коефіцієнт робочих ходів $\varphi = 0,953$ свідчить про високу ефективність використання агрегату на полі.

Це означає, що 95,3% загального шляху трактор з бороною «Паллада-6000» проходить у робочому стані, виконуючи операцію обробітку ґрунту, і лише 4,7% часу припадає на холості повороти. Такий показник є характерним для раціональної організації руху агрегату на довгих гонах і підтверджує правильність обраної схеми руху (човниковий спосіб)».

Отриманий коефіцієнт робочих ходів $\varphi = 0,953$ є високим (значно більшим за нормативний мінімум 0,85–0,90), що підтверджує високу ефективність роботи

агрегату ХТЗ-249К.20 + Pallada-6000 при човниковому способі руху на великих гонах довжиною 1000 м.

Розрахунок погодинної витрати палива (G_h)

Використовуємо для цього формулу: [19]

$$G_h = \frac{N_e \cdot g_e}{\rho \cdot 1000}$$

Де:

* $N_e = 158,85$ кВт (необхідна потужність двигуна при 90% навантаженні);

* $g_e = 215$ г/(кВт·год) — питома витрата палива для сучасного дизеля Weichai при високому навантаженні

* $\rho = 0,83$ кг/л — густина дизельного палива.

Розрахуємо:

$$G_h = \frac{158,85 \cdot 215}{0,83 \cdot 1000} \approx 41,15 \text{ л/год}$$

Розрахунок витрати палива на гектар ($G_{га}$)

Використовуємо значення годинної продуктивності, яку ми отримали ($W_{год} = 5,04$ га/год):

$$G_{га} = \frac{G_h}{W_{год}}$$

$$G_{га} = \frac{41,15}{5,04} \approx 8,16 \text{ л/га}$$

$$G_{кг/га} = 8,16 \text{ л/га} \cdot 0,83 \text{ кг/л} \approx 6,77 \text{ кг/га}$$

Отже теоретичний розхід палива при дисковці ХТЗ-249К20 + Pallada-6000 буде становити приблизно 6,77 кг/га.

1. Годинна продуктивність ($W_{\text{год}}$)

Цей показник визначає, скільки гектарів агрегат обробляє за одну годину чистого робочого часу з урахуванням коефіцієнта використання часу.

Формула:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot \tau$$

Де:

B — конструктивна ширина захвату агрегату, м (6 м);

v — робоча швидкість руху, км/год (10,5 км/год);

τ — коефіцієнт використання змінного часу (зазвичай 0,75–0,85 для дискових борін).

Розрахунок: $W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10,5 \cdot 0,8 = 5,04$ га/год.

2. Добовий виробіток ($W_{\text{доб}}$)

Це показник продуктивності агрегату за добу. Він залежить від тривалості роботи машини протягом дня ($T_{\text{доб}}$).

Визначимо її за цією формулою:

$$W_{\text{доб}} = W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}}$$

де:

$T_{\text{доб}}$ — загальна кількість годин роботи агрегату за добу (якщо зміна 7 годин і ми працюємо в 1 зміну, то $T_{\text{доб}} = 7$ год).

Розрахунок: $W_{\text{доб}} = 5,04 \cdot 7 = 35,28$ га/добу.

3. Мінімально необхідна кількість МТА ($N_{\text{МТА}}$)

Визначаємо по цій формулі:

$$N_{\text{МТА}} = \frac{Q}{W_{\text{год}} \cdot T_{\text{доб}} \cdot D}$$

де:

Q — загальна площа поля (фронт робіт), га (200 га);

D — агротехнічний термін виконання операції, днів (7 днів);

$T_{\text{доб}}$ — тривалість роботи на добу, год (7 год).

Розрахунок:

$$N_{\text{МТА}} = \frac{200}{5,04 \cdot 7 \cdot 7} = \frac{200}{246,96} \approx 0,81 \quad \text{Оскільки розрахункова кількість агрегатів}$$

$N_{\text{МТА}} < 1$, приймаємо до використання 1 агрегат (ХТЗ-249К.20 + Паллада-6000), що дозволить виконати роботу з випередженням графіку.

коефіцієнт інтенсивності завантаження агрегату:

$$K_{\text{зав}} = \frac{N_{\text{розрах}}}{N_{\text{прийнятий}}} = \frac{0,81}{1} = 0,81$$

Загальні витрати праці (людино-години)

$$Z_{\text{заг}} = Q \cdot Z_{\text{п}}$$

$$Z_{\text{заг}} = 200 \text{ га} \cdot 0,2 \text{ люд-год/га} = 40 \text{ люд-год}$$

Загальна кількість нормо-змін ($H_{\text{зм}}$)

Це показник, який показує, скільки робочих змін (за графіком) потрібно агрегату, щоб виконати план. Оскільки одна зміна триває 7 годин, ми ділимо загальну площу на продуктивність однієї зміни ($W_{\text{зм}} = 35,28 \text{ га/зміну}$).

$$H_{\text{зм}} = \frac{Q}{W_{\text{зм}}}$$

$$H_{\text{зм}} = \frac{200}{35,28} \approx 5,67 \text{ зміни}$$

Оскільки ми не можемо вивести агрегат на 0,67 зміни в такому режимі, ми округлюємо до цілого числа в більшу сторону.

Для виконання обсягу робіт 200 га при змінній продуктивності агрегату 35,28 га/зміну, загальна потреба в нормо-змінх становить **6 змін**. Фактично, агрегат виконає роботу за 5 повних робочих змін та частину 6-ї зміни, що повністю відповідає встановленому агротехнічному терміну у 7 днів."

Висновок: було проведено комплексне інженерне та кінематичне обґрунтування технологічного процесу обробітку ґрунту, а саме — поверхневого дискування з використанням агрегату на базі трактора ХТЗ-249К.20 та дискової борони «Паллада-6000». Метою цього було виявлення оптимальних режимів експлуатації техніки, які б дозволили забезпечити високу якість виконання агротехнічних вимог при мінімальних витратах пально-мастильних матеріалів та праці.

На першому етапі розрахунків нами було проведено аналіз тягово-швидкісних показників агрегату. Виходячи з конструктивних особливостей ґрунтообробної машини «Паллада-6000» та фізико-механічних властивостей ґрунту (глибина обробітку 16 см), було визначено загальний тяговий опір, який склав 38,31 кН. Цей показник став базовим для вибору робочої швидкості руху (10,5 км/год), яка забезпечує завантаження двигуна трактора ХТЗ-249К.20 на рівні 90%. Такий режим є найбільш енергоефективним, оскільки дозволяє реалізувати потенціал двигуна без надмірного зносу вузлів та забезпечити стабільний тяговий баланс.

Кінематичний аналіз руху агрегату на полі був побудований на принципах раціональної організації робочої ділянки. Було обґрунтовано вибір човникового способу руху, що дозволило мінімізувати час на виконання холостих заїздів. Розрахункова довжина гону 1000 м та визначені параметри розвороту дозволили отримати коефіцієнт робочих ходів на рівні 0,953. Це означає, що 95,3% часу роботи трактор перебуває безпосередньо в робочому режимі, що підтверджує правильність обраної стратегії організації праці. Низький показник питомої ваги холостих заїздів свідчить про те, що обрана схема руху є оптимальною для умов конкретного господарства.

Особливу увагу в роботі було приділено розрахунку експлуатаційних показників, які є ключовими для економічного блоку дипломного проекту. Проведені розрахунки продуктивності (5,04 га/год за годину змінного часу та 35,28 га/змін) довели, що даний машинно-тракторний агрегат має високу ефективність для роботи на площі 200 га. Ми визначили, що для виконання всього обсягу робіт в агротехнічний термін (7 днів) достатньо одного агрегату, що дозволяє уникнути надмірних капіталовкладень у залучення додаткової техніки.

Важливим результатом розрахунків стала оцінка витрат палива. Виходячи з питомої витрати палива двигуна та фактичного навантаження, ми отримали значення 8,16 л/га (або 6,77 кг/га). і вони відповідають нормативним показникам для важкого дискування. Питомі затрати праці на рівні 0,2 люд-год/га підтверджують високий рівень механізації процесу. Для повного закриття обсягу робіт у 200 га нам знадобиться 6 робочих змін, що дає господарству резерв часу у 1 день на випадок несприятливих погодних умов або технічного обслуговування.

Підсумовуючи результати розділу, можна стверджувати, що розроблена технологічна карта та обрані режими роботи агрегату ХТЗ-249К.20 з бороною «Паллада-6000» є технічно обґрунтованими та економічно доцільними. Запропоновані рішення дозволяють забезпечити виконання поставленого завдання з високою якістю, зберігаючи при цьому оптимальний баланс між продуктивністю та витратами ресурсів. Отримані дані можуть бути використані як вихідні для формування бюджету проекту та оцінки окупності впроваджених технологічних змін.

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

3.1 Опис технічного рішення щодо удосконалення конструкції Pallada-6000

Базова конструкція дискової борони Pallada 6000 призначена для передпосівної та основної обробки ґрунту під зернові, технічні та кормові культури. Проте при роботі по полях із високою концентрацією грубостеблових пожнивних рештків (наприклад, після збирання соняшнику чи кукурудзи) стандартні дискові робочі органи не завжди забезпечують якісне подрібнення рослинності, що призводить до забивання агрегату та нерівномірної заробки біомаси.

З метою розширення технологічних можливостей борони та суміщення кількох операцій за один прохід, у дипломному проєкті запропоновано модернізацію Pallada 6000 шляхом встановлення в передній частині агрегату ріжучих катків-подрібнювачів. Таке конструктивне рішення дозволяє попередньо подрібнювати рослинні рештки та руйнувати капілярну сітку верхнього шару ґрунту безпосередньо перед дисками.

Оскільки встановлення додаткових робочих органів збільшує навантаження на носову частину машини, було прийнято рішення встановити подовжувачі рами агрегату. Вона скріпиться потужною стремярковою скобою та товстою пластиною, Раму було технологічно подовжено у передній частині, що дозволило встановити катки-подрібнювачі в загальну схему. Для запобігання деформаціям та руйнуванню металоконструкції під дією динамічних навантажень, вузли кріплення передніх катків до рами були додатково підсилені за допомогою накладок та ребер жорсткості. Для копіювання рельєфу катків до них були встановлені звичайні регулюючі винти, які кріплять сам каток подрібнювач до рами дискової борони.

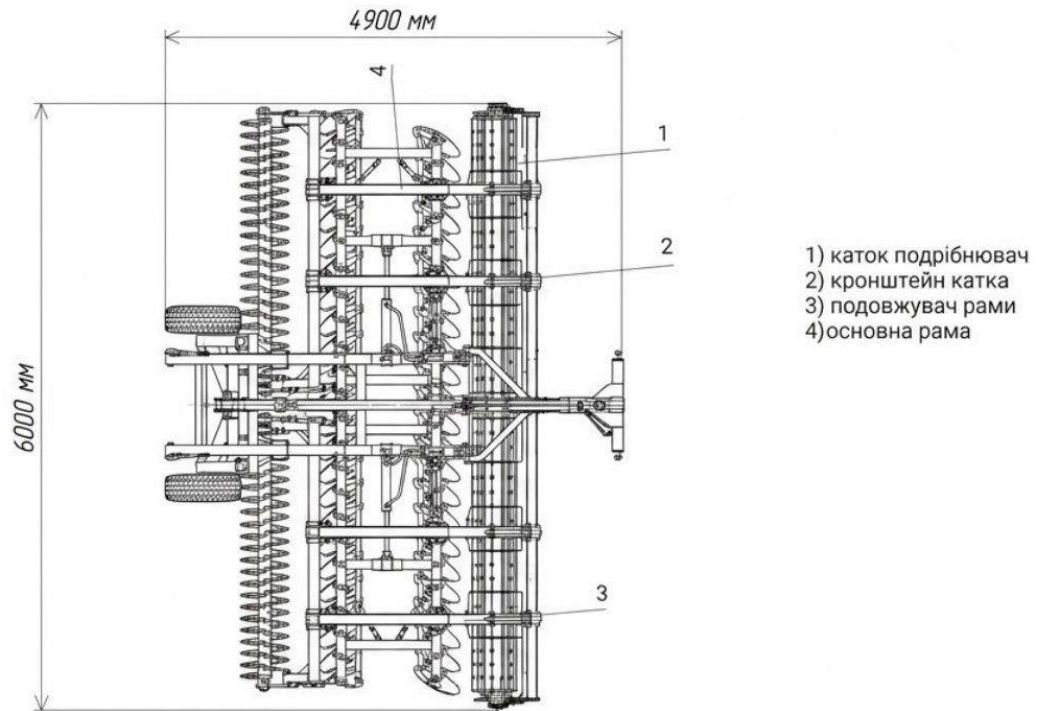


Рис.3.1 Борона Дискова Pallada-6000 Удосконалена (Загальний вид)

Для модернізації агрегату та встановлення додаткових катків-подрібнювачів розроблено подовжувач рами, виготовлений із квадратної труби профілем 150x150x6 мм зі сталі 3. (ГОСТ 8639-82) загальною довжиною 1,8 м. Конструктивно брус заглиблюється всередину основної рами борони на довжину 1,2 м, Зварювання на місцях кріплення рами приведе до послаблення рами на місці зварювання, зусилля на деформацію на місці буде значно менше, тому було рішення, кріпити потужними стрімянковими скобами на М20 з підкладними пластинами для надійного та міцного кріплення додаткової рами до основної, що забезпечує надійне розведення внутрішніх опорних зусиль та мінімізує напруження у зварних з'єднаннях. Робочий виліт рами (плече прикладання навантаження від ваги катків) становить $L = 0,6\text{м}$

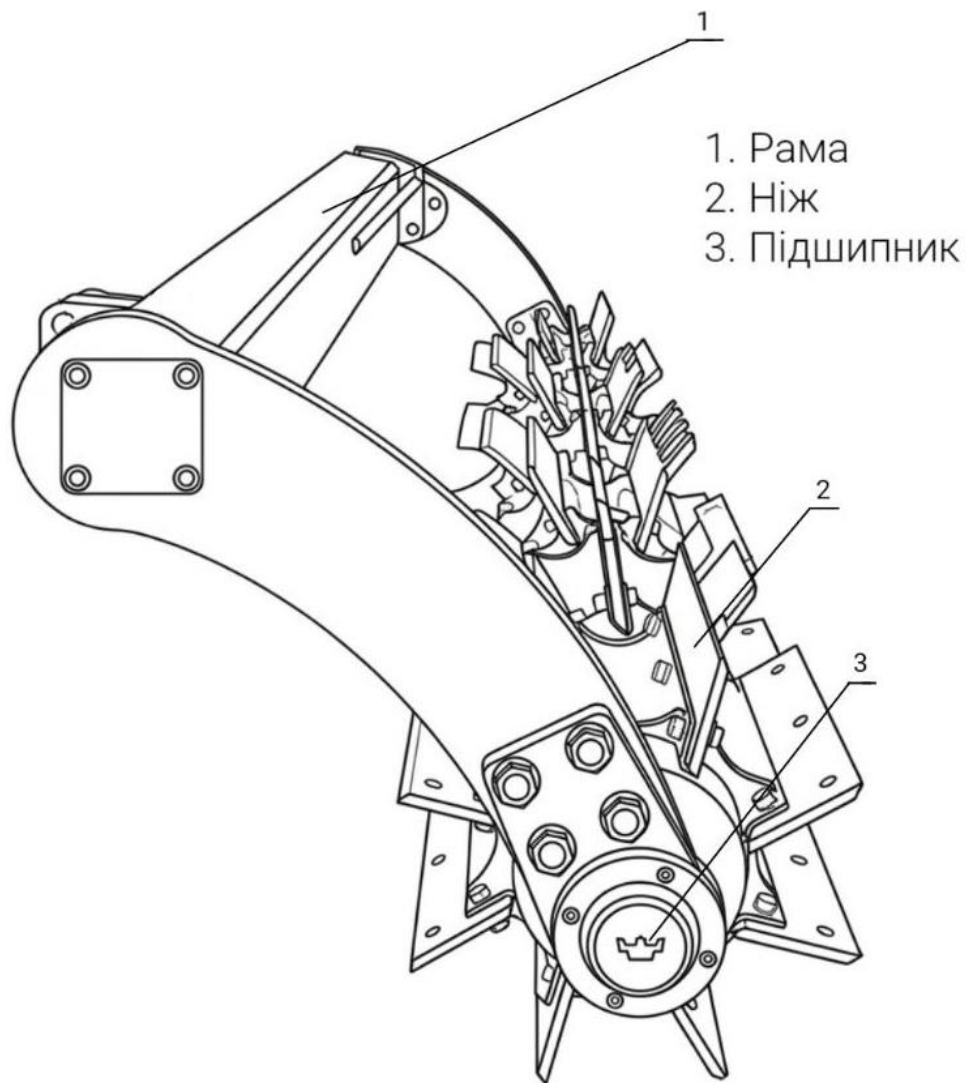


Рис. 3.2 Загальний вид котка-подрібнювача

3.2 Розрахунок на міцність подовжувача рами комбінованого агрегату

Матеріалом для виготовлення подовжувача обрано квадратну гарячекатану трубу профілем 150×150×6 мм (ГОСТ 8639-82), виготовлену конструкційної сталі марки Сталь 3, для якої допустиме напруження на згин становить $[\sigma] = 160$ МПа.

Для проведення розрахунків переведемо лінійні розміри профілю труби в метричну систему (М):

* Зовнішній габарит профілю: $B=0,15$ м;

* Товщина стінки труби: $s=0,006$ м;

* Внутрішній габарит профілю: $b=B-2s=0,15-2\cdot0,006=0,138$ м.

Визначимо момент інерції (I_x) та момент опору перерізу (W_x) для порожнистого квадратного профілю:[15]

$$I_x = \frac{B^4 - b^4}{12} = \frac{0,15^4 - 0,138^4}{12} = \frac{0,00050625 - 0,00036271}{12} \approx 1,196 \times 10^{-5} \text{ м}^4$$

$$W_x = \frac{B^4 - b^4}{6 \cdot B} = \frac{0,15^4 - 0,138^4}{6 \cdot 0,15} = \frac{0,00014354}{0,9} = 159,5'' \{ \text{см} \}^3$$

Визначення розрахункових навантажень

Основним чинником, що викликає згинальний момент у небезпечному перерізі (точці виходу консолі з основної рами), є сила ваги секції катків-подрібнювачів. Конструктивна маса секції катків у зборі становить 350 кг

Сила ваги, що діє на консоль у статичному стані:

$$P = m \cdot g = 600 \cdot 9,81 = 5886 \text{ Н} = 5,89 \text{ кН}$$

Враховуючи специфіку роботи сільськогосподарських машин (рух по нерівному рельєфу поля, переїзд через перешкоди та транспортні переміщення), конструкція зазнає значних динамічних ударів. Вводимо коефіцієнт динамічності для транспортного режиму $k_d = 1,5$.

Розрахункове (еквівалентне) вертикальне навантаження становитиме:

$$P_{\text{розр}} = P \cdot k_d = 5886 \cdot 1,5 = 8829 \text{ Н} = 8,83 \text{ кН}$$

Розрахунок максимального згинального моменту

Найнебезпечніший переріз балки розташований у точці її виходу з основної рами (зона фіксації першої стрім'янки), де плече прикладання сили є максимальним і дорівнює робочому виліту рами ($L = 0,6$ м).

Максимальний згинальний момент ($M_{\text{зг}}$) розраховується за формулою: [14]

$$M_{\text{зг}} = P_{\text{розр}} \cdot L = 5886 \cdot 0,6 = 3531,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Перевірка міцності за дійсними напруженнями

Розрахуємо дійсне робоче напруження на згин ($\sigma_{зг}$), що виникає у верхніх та нижніх волокнах профілю труби подовжувача:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_x} = \frac{3531,6}{1,595 \times 10^{-4}} = 22,141,692 \text{ Па} \approx 22,14 \text{ МПа}$$

Перевіримо виконання умови міцності при згині $\sigma_{зг} \leq [\sigma]$

$$22,14 \text{ МПа} \leq 160 \text{ МПа}$$

Визначимо фактичний коефіцієнт запасу міцності (n) конструкції:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{зг}} = \frac{160}{22,14} \approx 7,22$$

3.3 Розрахунок довговічності підшипникового вузла катка-подрібнювача

Оцінка працездатності підшипникового вузла здійснюється за критеріями динамічної або статичної вантажопідйомності, вибір яких визначається режимом частоти обертання. Для проведення цього розрахунку попередньо обчислюється частота обертання котка-подрібнювача, що залежить від його конструктивних параметрів і робочої швидкості ґрунтообробного машинно-тракторного агрегату (МТА). Відповідно до обґрунтованих у попередньому розділі матеріалів, технологічна швидкість дискового знаряддя становить 10,5 км/год. За розрахунковий зовнішній діаметр котка, що контактує з ґрунтом, прийнято значення 400 мм. Ця величина відповідає діаметру по зовнішніх кромках поперечних планок (основ для кріплення ножів), оскільки глибина їхнього занурення у ґрунт, на відміну від самих робочих органів, є мінімальною. На основі вказаних параметрів геометрії та кінематики руху МТА пройдений котком шлях за один повний оберт розраховується за формулою:

$$L_k = \pi \times D_k = 3,14 \times 0,4 = 1,256 \text{ м}$$

Знаючи технологічну швидкість руху МТА та відстань, яку долає коток за один повний оберт, визначимо швидкість обертання катка за секунду можна за наступною формулою:

$$V=10,5 \text{ км/год}=\frac{10,5}{3,6}\approx 2,917 \text{ м/с}$$

Визначемо кількість обертань за 1 хвилину за цим виразом:

$$n=\frac{V}{L_k}=\frac{2,917}{1,256}\approx 2,323 \text{ об/с} \Rightarrow 139,4 \text{ об/хв}$$

Після зведення до стандартних одиниць виміру частота обертання становить 139 об/хв. Оскільки отримане значення перевищує межу в один оберт за хвилину, подальшу верифікацію довговічності підшипникового вузла слід проводити за критерієм динамічної вантажопідйомності. Цей показник розраховується з урахуванням діючих навантажень та кінематичного режиму роботи вузла. Оцінку експлуатаційного ресурсу підшипникових елементів виконано із припущенням про відсутність осьових зусиль. Така гіпотеза обґрунтована тим, що основний обсяг польових технологічних операцій у сільськогосподарському виробництві здійснюється за прямолінійної траєкторії руху агрегату.

Еквівалентне навантаження на один підшипник

$$P_{\text{екв}}=V \cdot R_r \cdot K_\beta \cdot K_m \quad [15]$$

Де:

- $V = 1$ (внутрішнє кільце обертається)
- $K_\beta=3$ \ (як у дипломі — максимальний для важких умов)
- $K_m=1$
- Загальна вага = 3500 Н $\rightarrow$ на 1 підшипник ($R_r= 1750$ Н)

$$- P_{\text{екв min}}=1 \times 1750 \times 3 \times 1=5250 \text{ Н}$$

Довговічність підшипника (годин) можна визначити за формулою: [15]

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P_{\text{екв}}} \right)^3$$

Підставляємо значення

$$L_h = \frac{10^6}{60 \times 139,4} \left(\frac{28700}{5250} \right)^3 \approx 712 \text{ годин}$$

Напрацювання в гектарах (при продуктивності 5.04 га/год

$$H = 5,04 \times 712 \approx 3588 \text{ га}$$

Середньорічне завантаження дискового агрегату Pallada-6000 складає приблизно 1050 га. Отже, обраний тип підшипника катка-подрібнювача забезпечує

безперебійну роботу мінімум протягом 3.5 років, за умовами кількості напрацювань. Висновки до розділу. Запропоновано встановлення доповжувачів рами 150x150x6 l=1,8 м довжиною, кріпленням до основної рами дискової борони стрем'янковими скобами М20 з підкладною пластиною, для надійного кріплення катків до дискової борони та розраховали перевірили його на згинальний момент, коефіцієнт згинальної міцності становив 7,22, а також був проведений розрахунок ресурсу підшипникового вузла катка-подрібнювача однією модифікацією, з шириною захвату 3м. Розглянуто, що ресурс обраного підшипника складає більше 3500 га напрацювання агрегату. Використання катка-подрібнювача довговічність його підшипників складає не менше 712 год.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

4.1. Вимоги безпеки при виконанні технологічної операції дискування

Процес поверхневого обробітку ґрунту комбінованими машинно-тракторними агрегатами (МТА) супроводжується виникненням низки ризиків та небезпек для персоналу. До основних джерел небезпеки на полі належать: відкриті елементи машин, що обертаються; зарослі бур'янами вибоїни чи відкриті дренажні колодязі; перешкоди у вигляді опор ліній електропередач (ЛЕП); а також значна концентрація пилових часток (у тому числі від залишків агрохімікатів чи добрив) у повітрі робочої зони [16].

Безпечна експлуатація агрегату починається з його дорейсового огляду. Механізатор має особисто переконатися, що всі вузли трактора та причіпного знаряддя є повністю справними. Перевірці підлягають захисні щитки й кожухи обертових передач. Особливу увагу приділяють надійності затягування різьбових з'єднань на дискових батареях борони БДТ-6 та на ріжучих елементах фронтального котка-подрібнювача. Також візуально оцінюють стан і гостроту робочих крайок дисків та правильність налаштування брудоізнамачів (чистиків).

Будь-який маневр — рушання з місця або активація вала відбору потужності (ВВП) — дозволяється виконувати лише після подачі попереджувального звукового сигналу. Починати рух можна тільки тоді, коли водій переконався, що попереду та позаду техніки немає людей.

Якщо трактор працює з навісним обладнанням, піднімати його гідросистемою при увімкненому ВВП суворо заборонено. Робочі органи (диски та ножі котка) повинні заглиблюватися в ґрунт плавно і виключно під час руху трактора. Впродовж зміни механізатор має періодично оглядати зчіпні пристрої та фіксатори, щоб вчасно виявити їх послаблення.

Технічне обслуговування, заправка паливом, усунення дрібних несправностей чи регулювання параметрів (наприклад, кута атаки дисків) проводяться виключно за умови повної зупинки МТА та вимкненого двигуна. У

випадках, коли обробіток поля суміщається з обприскуванням чи внесенням пестицидів, після кожної тривалої зупинки необхідно увімкнути насос системи на кілька хвилин для ретельного перемішування робочої суміші в баку перед початком руху.

При виконанні поворотів чи розворотів на краях поля водій зобов'язаний через дзеркала заднього виду перевірити відсутність стороннього персоналу на траєкторії руху комплексу. Рух трактора назад, якщо диски борони або ножі котка знаходяться в заглибленому стані, категорично забороняється, оскільки це неминуче призведе до деформації рами та поломки робочих органів. При виникненні будь-яких нештатних або аварійних ситуацій МТА слід негайно зупинити, а двигун — заглушити. Залишати працюючий трактор без нагляду не дозволяється.

Найбільша кількість травм в агроінженерії стається під час очищення дисків борони та барабана котка від налиплої землі та намотаних залишків стебел соняшника. Цю операцію дозволяється проводити тільки на глухому тракторі із застосуванням спеціальних лопаток або металевих скребків. Переведення секцій борони чи котка з транспортного положення в робоче здійснюється механізатором виключно з кабіни за допомогою важелів гідророзподільника. Якщо виникає необхідність провести заміну зношених дисків чи ножів безпосередньо на техніці, раму машини обов'язково фіксують на жорстких і стійких ремонтних підставках (козлах). [14]

4.2. Вимоги безпеки при виконанні електродугового ручного зварювання

Процес виготовлення та модернізації фронтального котка-подрібнювача передбачає проведення зварювальних робіт (зокрема, приварювання опорних планок до фланців барабана). Через це виникає потреба в дотриманні правил безпеки при використанні ручного зварювального обладнання [17].

Основними інженерними вимогами при електрозварюванні є:

1. Вентиляція робочої зони: Виконання зварювальних операцій має відбуватися у спеціалізованих майстернях або на стаціонарних постах, які в обов'язковому порядку обладнані місцевою витяжною вентиляцією (витяжними парасолями) для відведення токсичних зварювальних газів, диму та аерозолей.

2. Робота на різних рівнях та ЗІЗ: При зварюванні об'ємних конструкцій на кантавальниках або висоті, зону під робочим місцем захищають негорючими ширмами чи екранами, щоб убезпечити інших робітників від опіків бризками розплавленого металу та гарячого шлаку. Самі зварювальники мають бути забезпечені повним комплектом засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): брезентовим костюмом із вогнетривким просоченням, захисними шкіряними крагами та захисною маскою або щитком із відповідним світлофільтром для нейтралізації шкідливого ультрафіолетового випромінювання електричної дуги.

[15]

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Ефективність впровадження модернізований МТА зазвичай виконується на основі порівняння з базовою версією. При вирощуванні пшениці озимої оптимальним попередником є сояшник. Для забезпечення якісного обробітку ґрунту при мінімальній технології вирощування пшениці запропоновано використовувати комбінований МТА, який складається із базової моделі дискової борони Pallada-6000 обладнаною катком-подрібнювачем. У випадку суміщення декількох операцій оптимальним буде порівняння комбінованого агрегату із двома технологічними операціями, що виконуються окремими МТА. Отже, для базової технології вирощування приймаємо виконання двох технологічних операцій в системі основного обробітку, а саме подрібнення катками пожнивних решток та виконання дискування за допомогою Pallada-6000. Для проектного варіанту приймаємо виконання однієї операції модернізованим ґрунтообробним агрегатом Pallada-6000 (У). Вихідні дані для визначення економічної ефективності заносимо до табл. 5.

Показники	Варіант	
	Базовий	Проектний
Перелік технологічних операцій	Подрібнення катками, дискування ґрунту	
Склад агрегатів для виконання технологічних операцій: - подрібнення пожнивних решток	МТЗ-82.1+ППР-6	ХТ3249К20+Pallada-6000(У)
- дискування	ХТЗ-249К20+Pallada-6000	
Нормативний показник завантаження		

агрегату, га: - подрібнення пожнивних решток - дискування	1470 1134	1058
Середня продуктивність для операцій, га/год.: - подрібнення пожнивних решток - дискування	7.0 5.4	5.04
Норма затрати пального гп, кг/га: - подрібнення пожнивних решток - дискування	2.2 6.3	6.77
Вартість складів МТА (Б), грн.: - подрібнення пожнивних решток - - дискування	760 000 3 306 000	3 530 000

У таблиці 5.1 взяті такі значення щодо вартості елементів МТА:

ХТЗ-249K20 оцінюється в 2 400 000 гривень та Pallada-6000 – 906 000 гривень, МТЗ-82.1- 520 000 гривень також до нього ППР-6 - 240 000 гривень, при удосконаленні ДБ Pallada-6000 було встановлено 2 катки подрібнювачі, взагалом вартість удосконалення становила - 224 тисячі гривень

Розрахуємо кожні витрати по порядку:

Питомі витрати на 1 га:

1. Ціна дизеля (Π_k): 85 грн/л. переводимо через густину ($\rho=0,83$): ,

$$85/0,83=102,41 \text{ грн/кг}$$

2. Ставка механізатора ($f_{\text{мех}}$): 250 грн/год.

За 7-годинну зміну це: $250 \times 7 = 1750$ грн/зм.

Варіант 1 (Базовий: МТЗ-82.1 + ППР-6):

Вартість $B_m = 760,000$ грн;

Навантаження $H = 1470$ га

Витрата палива $g_{\text{га}} = 2,2$ кг/га;

Продуктивність: $W_{\text{зм}} = 49$ га/зм.

(Базовий: ХТЗ249К20 + Паллада-6000):

Вартість $B_m = 4,406,000$ грн;

Навантаження $H = 1134$

Витрата палива $g_{\text{га}} = 6,3$ кг/га;

Продуктивність $W_{\text{зм}} = 37,8$ га/зм.

5. Варіант 2 (Проектний: ХТЗ-249К20 + Паллада-6000(У):

Вартість $B_m = 4,630,000$ грн;

Навантаження $H = 1058$ Га

Витрата палива $g_{\text{га}} = 6,77$ кг/га;

Продуктивність $W_{\text{зм}} = 35,28$ га/зм.

Затрати на ПММ ($C_{\text{ПММ}}$ \$), грн/га — за формулою: [19]

$$C_{\text{ПММ}} = \Pi_{\text{к}} \cdot g_{\text{га}}$$

* **МТЗ (подрібнення):** $C_{\text{ПММ(подр)}}^{\text{б}} = 102,41 \cdot 2,2 = 225,30$ грн/га

* **ХТЗ (дискування):** $C_{\text{ПММ(диск)}}^{\text{б}} = 102,41 \cdot 6,3 = 645,18$ грн/га

* **Проект (ХТЗ + Паллада-У):** $C_{\text{ПММ}}^{\text{п}} = 102,41 \cdot 6,77 = 693,32$ грн/га

Розрахуємо витрати на ремонти та ТО $C_{\text{м}}$, грн/га — за формулою: [19]

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

* $C_{\text{м}}$ — питомі витрати на підтримання агрегату в працездатному стані, **грн/га**. (Це фінальний результат — скільки коштує ремонт і ТО на 1 гектар).

* B_m — балансова (закупівельна) вартість всього агрегату, **грн**. Тобто сума, за яку купили трактор + борону.

* $a_{\text{рм}}$ — відсоток відрахувань на ремонт і ТО. Згідно з текстом твоєї методички, для спрощення його приймають однаковим для всієї техніки — **11%**.

* **100** — просто математичне число, щоб перевести відсотки ($a_{\text{рм}}$) у частку від одиниці.

* $n_{\text{зм}}^{\text{м}}$ — нормативний коефіцієнт (коефіцієнт змінності або строк служби). У всіх прикладах твоєї методички він стабільно береться рівним **30**.

* $G_{\text{н}}^{\text{рік}}$ — нормативний показник річного завантаження агрегату, **га/рік**.

* $(C_{\text{прм}} + C_{\text{том}} + C_{\text{зм}})$ — це загальні річні витрати на поточний ремонт ($C_{\text{прм}}$), технічне обслуговування ($C_{\text{том}}$) та зберігання техніки взимку ($C_{\text{зм}}$). За методичкою, щоб не вираховувати кожну гайку окремо, цю суму приймають спрощено як **8%** від вартості техніки.

* K_i — коефіцієнт індексації (зміни цін). Оскільки ми рахуємо в поточних цінах, у прикладах методички він просто опускається (приймається рівним **1**).

Розрахуємо:

$$C_{\text{м}} = \frac{B_m \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot H} + \frac{B_m \cdot 0,08}{H}$$

* **МТЗ (подрібнення):**

$$C_{\text{м(подр)}}^{\text{б}} = \frac{760000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1470} + \frac{760000 \cdot 0,08}{1470} = 1,90 + 51,70 = 53,60 \text{ грн/га}$$

*** ХТЗ (дискування):**

$$C_{\text{м(диск)}}^{\text{б}} = \frac{4406000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1134} + \frac{4406000 \cdot 0,08}{1134} = 14,25 + 310,83 = 325,08 \text{ грн/га}$$

*** Проєкт (ХТЗ + Паллада-У):**

$$C_{\text{м}}^{\text{п}} = \frac{4630000 \cdot 11}{100 \cdot 30 \cdot 1058} + \frac{4630000 \cdot 0,08}{1058} = 16,05 + 350,09 = 366,14 \text{ грн/га}$$

3. Затрати на оплату праці $C_{\text{зп}}$, грн/га — за формулою

$$C_{\text{зп}} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot n \cdot f_{\text{зм}}) \cdot 1,02}{W_{\text{зм}}}$$

* $C_{\text{зп}}$ — питомі затрати на оплату праці, **грн/га**.

* $W_{\text{зм}}$ — змінна продуктивність агрегату, **га/зміну**.

* $f_{\text{зм}}$ — базова заробітна плата (тарифна ставка) механізатора за зміну, **грн**.

* n — кількість механізаторів (або помічників), які одночасно працюють на агрегаті. Оскільки тракторист у полі один, у нас $n=1$

* **1,2** — коефіцієнт, який автоматично додає 20% до ставки. Він враховує надбавку за класність механізатора (майстерність)

* **1,49** — коефіцієнт, який збільшує суму майже на половину. Він враховує додаткову оплату праці: премії за якість обробітку, надбавки за стаж.

* **1,02** — коефіцієнт, що враховує дрібні нарахування на соціальні заходи чи внутрішньогосподарські фонди.

$$1,49 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1750 \cdot 1,02 = 3191,58 \text{ грн за зміну}$$

$$3191,58/35,28 \text{ га}=90,46 \text{ грн/га}$$

$$1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 1750) \cdot 1,02 = 3191,58$$

*** МТЗ (подрібнення):**

$$C_{\text{зп(подр)}}^{\text{б}} = 3191,58/49 = 65,13 \text{ грн/га}$$

*** ХТЗ (дискування):** $C_{\text{зп(диск)}}^{\text{б}} = 3191,58/37,8 = 84,43 \text{ грн/га}$

*** Проєкт (ХТЗ + Паллада-У):** $C_{\text{зп}}^{\text{п}} = 3191,58/35,28 = 90,46 \text{ грн/га}$

Загальні питомі експлуатаційні витрати ($C_{\text{пит}}$), грн/га — за формулою

$$C_{\text{пит}} = C_{\text{пмм}} + C_{\text{м}} + C_{\text{зп}}$$

МТЗ (подрібнення): $\$225,30 + 53,60 + 65,13 = 344,03 \text{ грн/га}$

ХТЗ (дискування): $645,18 + 325,08 + 84,43 = 1054,69 \text{ грн/га}$

Проєктний варіант (один суміщений прохід):

ХТЗ-249K20+Pallada-6000(У): $C_{\text{пит}}^{\text{п}} = 693,32 + 366,14 + 90,46 = 1149,92 \text{ грн/га}$

Базовий варіант (сума двох роздільних операцій):

$$C_{\text{пит}}^{\text{б}} = 344,03 + 1054,69 = 1398,72 \text{ грн/га}$$

Економічний ефект на 1 га:

$$E_{\text{пит}} = C_{\text{пит}}^{\text{б}} - C_{\text{пит}}^{\text{п}} = 1398,72 - 1149,92 = 248,80 \text{ грн/га}$$

Річний економічний ефект (при проєктному навантаженні):

$$E_{\text{еф}}^{\text{рік}} = 1058 \cdot 248,80 = 263,230,40 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень (модернізація коштувала 224 000 грн):

$$T_o = \frac{224,000}{263,230,40} = 0,85 \text{ року}$$

Висновок: У п'ятому розділі дипломного проєкту виконано комплексне техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження модернізованого ґрунтообробного агрегату для вирощування пшениці озимої. Економічна оцінка запропонованого інженерного рішення базується на порівняльному аналізі двох альтернативних варіантів організації технологічного процесу: базового, який передбачає послідовне виконання операцій подрібнення пожнивних решток трактором МТЗ-82.1 у зчепі з подрібнювачем ППР-6 та наступного поверхневого обробітку ґрунту трактором ХТЗ-249К.20 у зчепі з дисковою бороною Pallada-6000, та проєктного — суміщення цих технологічних операцій за один прохід комбінованого агрегату Pallada-6000(У) на базі енергетичного засобу ХТЗ-249К.20.

Розрахунок прямих експлуатаційних витрат на виконання робіт чітко підтвердив високу ефективність проєктного варіанта за рахунок суттєвої оптимізації основних статей видатків підприємства. Зокрема, суміщення операцій дозволило значно знизити питомі витрати на паливно-мастильні матеріали завдяки ліквідації повторного проходу техніки по полю. У базовому варіанті сумарні витрати на дизельне паливо становили 870,48 грн/га (з яких 225,30 грн/га припадало на подрібнення решток, а 645,18 грн/га — на дискове лущення), тоді як за умови використання модернізованого комбінованого агрегату цей показник зменшився до 693,32 грн/га.

Окрім паливної складової, ліквідація додаткового технологічного процесу зумовила суттєве зниження витрат на оплату праці обслуговуючого персоналу. Сумарні питомі витрати на заробітну плату механізаторів скоротилися з 149,56 грн/га (що включали 65,13 грн/га на першій операції та 84,43 грн/га на другій) до оптимізованих 90,46 грн/га у проєктному варіанті. Зменшення кількості одночасно задіяних технічних засобів також позитивно вплинуло на загальну статтю витрат, пов'язаних із поточним ремонтом, технічним обслуговуванням та амортизаційними відрахуваннями, знизивши сукупне фінансове навантаження на підприємство з 378,68 грн/га до 366,14 грн/га.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що загальні питомі експлуатаційні витрати на обробіток площі зменшилися з 1398,72 грн/га у базовому варіанті до 1149,92 грн/га у проєктному. Таким чином, чистий економічний ефект, отриманий у вигляді зниження собівартості виконання технологічного процесу, становить 248,80 грн на кожному гектарі обробленої ріллі.

Додаткові капітальні інвестиції, необхідні для реалізації запропонованого конструкторського рішення (що включає виготовлення та монтаж двох катків-подрібнювачів, подовжувачів рами металопрофілем 150x150x6 мм та кріпильних елементів), складають 224 000 грн. За умови річного обсягу завантаження модернізованого агрегату на рівні 1058 га, інтегральний річний економічний ефект від впровадження розробки у виробництво становить 263 230,40 грн.

Розрахунковий термін окупності додаткових капіталовкладень становить 0,85 року (або приблизно 10 місяців виробничої експлуатації), що значно менше за нормативний строк окупності для сільськогосподарської техніки та свідчить про високу інвестиційну привабливість проєкту.

Узагальнюючи результати техніко-економічних розрахунків п'ятого розділу, можна зробити висновок про повну науково-виробничу та фінансову доцільність практичного впровадження розробленого комбінованого ґрунтообробного агрегату. Запропонована модернізація забезпечує високий рівень ресурсозбереження, підвищує продуктивність праці, знижує витрати енергоносіїв і безпосередньо сприяє підвищенню рентабельності та конкурентоспроможності технології вирощування пшениці озимої в сучасних умовах господарювання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У першому розділі проведено аналіз значення озимої пшениці в аграрному виробництві України та сучасних технологій її вирощування. Встановлено, що у 2025 році валовий збір озимої пшениці становив 23,27 млн т із загального виробництва зернових і зернобобових культур 60,79 млн т, що підтверджує її провідну роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави.

Аналіз посівних площ показав, що найбільші площі озимої пшениці зосереджені в Одеській області — 717,8 тис. га, Дніпропетровській — 501,5 тис. га та Миколаївській — 427,3 тис. га. Це свідчить про важливе значення степових регіонів у виробництві зерна.

Порівняння технологій обробітку ґрунту показало, що в сприятливих умовах врожайність за традиційної оранки становила до 6,2 т/га, тоді як за технологіями Mini-Till та No-Till — 6,1 та 6,0 т/га відповідно. Водночас у посушливому 2025 році ресурсощадні технології продемонстрували перевагу: урожайність за No-Till досягла 4,2 т/га, що на 0,4 т/га більше порівняно з традиційним обробітком.

Встановлено, що багаторазові проходи техніки призводять до ущільнення ґрунту, підвищення витрат пального та втрат вологи. Тому перспективним напрямком удосконалення технології вирощування озимої пшениці є використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів, які дозволяють виконувати декілька операцій за один прохід. Це забезпечує збереження родючості ґрунту, підвищення продуктивності праці та зниження виробничих витрат, що обґрунтовує актуальність обраної теми дипломного проєкту.

2. У другому розділі було виконано проектування технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту під озиму пшеницю із застосуванням технології Mini-Till. На основі проведених розрахунків обґрунтовано використання машинно-тракторного агрегату у складі трактора ХТЗ-249К20 та дискової борони Pallada-6000.

Встановлено, що для обробітку площі 200 га в агротехнічний строк 7 днів достатньо одного агрегату. Його змінна продуктивність становить 35,28 га, що дозволяє виконати весь обсяг робіт за 6 змін і мати резерв часу на випадок несприятливих погодних умов або проведення технічного обслуговування.

У результаті тягово-енергетичного аналізу визначено, що при глибині обробітку 16 см тяговий опір борони становить близько 38–43 кН. Оптимальною для роботи агрегату є швидкість 10,5 км/год, при якій завантаження двигуна трактора досягає 90%. Такий режим забезпечує ефективне використання потужності двигуна та стабільну роботу агрегату в польових умовах.

Кінематичний розрахунок підтвердив доцільність застосування човникового способу руху. При довжині гону 1000 м коефіцієнт робочих ходів становить 0,953, що свідчить про незначні втрати часу на розвороти та високу ефективність використання техніки.

Також визначено основні експлуатаційні показники агрегату. Витрата палива становить 6,77 кг/га або 8,16 л/га, що відповідає нормативним показникам для даного виду робіт. Питомі затрати праці не перевищують 0,2 люд.-год/га, що характеризує високий рівень механізації процесу.

3. Запропоновано встановлення катків-подрібнювачів кіл-2шт шириною по 3 метри, для комбінованого обробітку ґрунту, та якість обробітку ґрунту, було вставлені подовжувачі рами 150x150x6мм 1.8 метра, кріплення проводиться встановленню на основну раму подовжувача та закріплення стрем'ярковою скобою М20 з підкладними пластинами, для надійного кріплення, також було перевірено надійність конструкції на деформацію, міцність з коефіцієнтом - 7,22 що служить надійною конструкцією

4. Наведено основні вимоги при проведенні робіт з обробітку ґрунту та виконанні електро зварювальних робіт.

5. У результаті проведеної техніко-економічної оцінки встановлено, що запропонована модернізація ґрунтообробного агрегату Pallada-6000(У) є

економічно доцільною та ефективною. Суміщення операцій подрібнення пожнивних решток і поверхневого обробітку ґрунту за один прохід дозволило знизити питомі експлуатаційні витрати з 1398,72 до 1149,92 грн/га, що забезпечує економію 248,80 грн/га. За річного обсягу робіт 1058 га річний економічний ефект становить 263,23 тис. грн. Додаткові капіталовкладення у розмірі 224 тис. грн окупаються протягом 0,85 року. Впровадження розробленого агрегату сприяє зниженню витрат пального, трудових ресурсів і коштів на технічне обслуговування, підвищує продуктивність виконання технологічних операцій та забезпечує ресурсозбереження при вирощуванні пшениці озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Валовий збір зернових культур в Україні у 2025 році перевищив 60 млн тонн – Держстат // АПК-Інформ. – 26.02.2026.
- 2) Дані Міністерства аграрної політики та продовольства України та Latifundist.com (Урожай онлайн 2025).
- 3) Офіційний сайт Державної служби статистики України (ukrstat.gov.ua).
- 4) Наукові статті та посібники з No-Till/Mini-Till з ВНАУ — вплив на врожайність у посушливих умовах, збереження вологи
- 5) Паламарчук В.Д., Поліщук І.С. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. – Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2011. – 432 с.
- 6) Мазур В.А., Паламарчук В.Д. Новітні агротехнології у рослинництві. – Вінниця, 2017. – 588 с.
- 7) Озима пшениця: характеристика та особливості культури. <https://agroe.com.ua/ozyma-pshenytsya-kharakterystyka-ta-osoblyvosti-kultury>
- 8) Паламарчук В.Д., Поліщук І.С. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві (Вінниця, 2011)
- 9) [Харківський тракторний завод](https://xtz.ua). <https://xtz.ua> › xtz-249k-20
- 10) [Дискова борона Pallada 6000 | \(БДП 6000\) | ShopElvorti](https://shopelvorti.com.ua)
[elvortishop.com.ua](https://shopelvorti.com.ua)
- 11) Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на обробіток ґрунту /І. М. Демчак, Л. В. Кукса, В. М. Івченко, В.С. Пивовар та ін. Київ : НДІ "Укراгропромпродуктивність", 2019. 280 с.
- 12) Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами [І. М. Демчак та ін.] ; Укр. НДІ продуктивності агропром. комплексу. - Київ : НДІ "Украгропромпродуктивність", 2019. - 103 с.

13) Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / І. М. Демчак, В. О. Завалевська, В. С. Пивовар, М. Ф. Кисляченко та ін. – К.: НДІ “Укراгропромпродуктивність”, 2014. – 272 с.

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

15) Чихладзе Е.Д. «Опір матеріалів» (Харків, 2011) стор. 148

16) 21. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення: навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Х. : НТУ «ХП», 2009. 248 с.

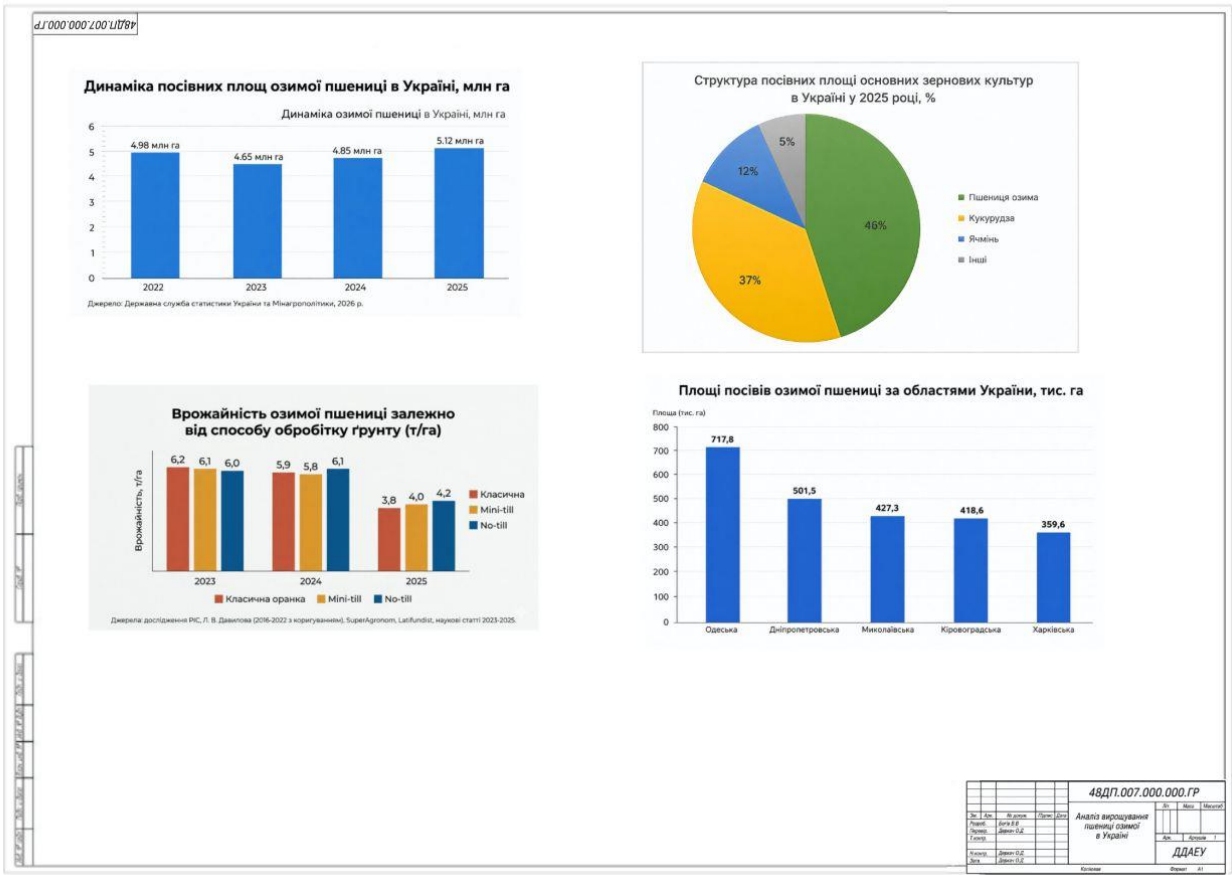
17) Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: Навчальний посібник / М.М. Сакун, В.Ф. Нагорнюк; Одеський державний аграрний університет. Одеса. 2009. 187 с.

18) Правила охорони праці під час зварювання металів. Наказ МНС України від 14.12.2012 № 1425

19) Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетровськ, ДДАУ, 2002. 212 с.

ДОДАТКИ

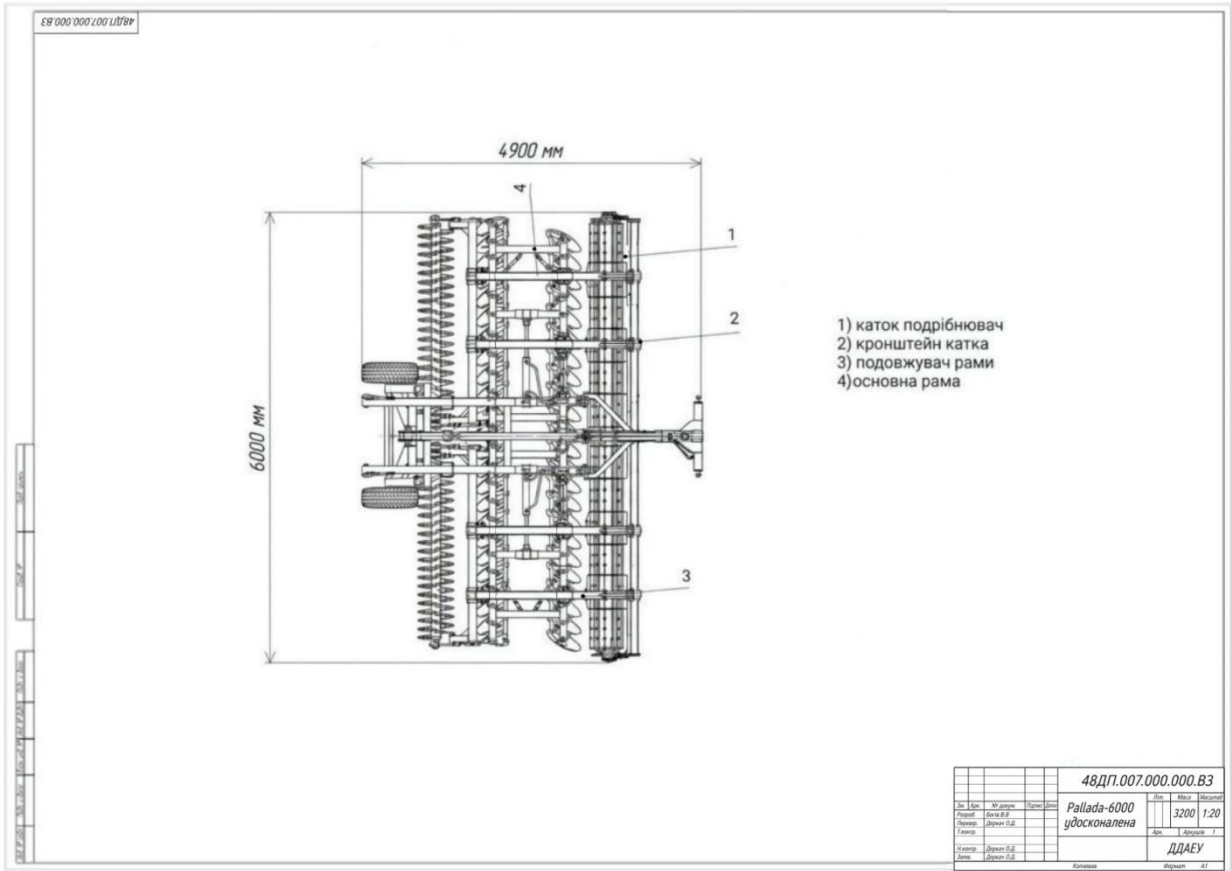
Додаток. Графічний аналіз



Додаток. Технологічна карта

План механізованих робіт вирощування пшениці озимої на площі 200 га																						
Попередник - сояшник Тип ґрунту II Гр. Господарств II											урожайність зерна - 5 т/га											
№ з/п	Операції	Агротехнічні норми	Одиниці виміру	Обсяг робіт	Строки виконання			Склад агрегату			Кількість с.-г. машин	Виробіток			Потреба для виконання роботи			Витрати палива, л		Витрати прали, л		К-сть моторо-годин
					Календарні	Термінові, днів	Термін виконання (обсяг в місяць)	трактор	зерпаш	с.-г. машина		за годину	за день	за період	тракторів	комбайнів	двигунів	на норму	на обсяг	на одиницю	на обсяг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Подрізання рослинних решток	16см	га	200	05-15.09	7	7	ХТЗ-249К20		Ралфа-6000У	1	5,04	35,28	35,28	1	1	—	6,77	1354	0,18	39,62	5,66
2	Передпосівна культивування	6-8	га	200	10-15.09	7	7	ХТЗ-17221		John Deere 2210	1	8,95	62,65	62,65	1	1	—	2,6	520	0,11	22,3	3,19
3	Протрушування зерна	0,2-0,22	т	40-44	15-30.09	7	14	Електродвигун		ПНШ-5	1	4,9	34,3	68,6	1	2	—	—	—	0,16	8,9	1,28
4	Навантаження зерна	0,2-0,22	т	40-44	15-30.09	7	14	Електродвигун		НЗ-2,5	1	21	147	294	1	2	—	—	—	0,05	2,1	0,3
5	Навантаження добрив (амофоска)	0,12	т	24	15-30.09	7	14	МТЗ-82.1		Титан-2000	1	27,8	194,6	389,2	1	1	—	0,17	4,08	0,04	1,15	0,16
6	Пересівання зерна та добрив	8см	т	64-68	15-30.09	7	12	КАМАЗ-55102			1	8,3	49,8	99,6	1	2	—	0,8	54,4	0,12	8,19	1,36
7	Сівба з висіванням добрив	4-6см	га	200	15-30.09	7	14	John Deere 8338R		John Deere 1880	1	7,7	53,9	107,8	1	2	—	2,7	540	0,129	25,9	3,7
8	Завантаження авіаційної селітри	0,12	т	24	20-28.02	5	7	КАМАЗ-55102			1	8,3	58,1	116,2	1	2	—	0,8	19,2	0,12	2,4	3,42
9	Висівання авіаційної селітри	0,12	га	200	23-28.02	5	7	МТЗ-82.1		Amazon ZA	1	8,91	62,37	124,4	1	2	—	2,1	420	0,11	22,44	3,2
10	Пересівання води та гербіциду прима	0,15	т	30	01-10.05	4	12	КАМАЗ-55102		Бочка 8м³	1	12	72	144	1	2	—	0,8	24	0,08	2,5	0,41
11	Висівання гербіциду	0,15	га	200	01-10.05	4	8	Case patriot 3330			1	34,42	275,3	275,3	1	1	—	0,95	190	0,029	5,81	0,73
12	Пересівання води, фунгіциду Реск-Дуо (0,4л/га) та факсимі (0,6л/га) карбамиду (5кг/га) та сульфат магнезію (2,5кг/га)	0,15	т	30	01-10.05	3	12	КАМАЗ-55102		Бочка 8м³	1	12	72	144	1	2	—	0,8	37,5	0,12	2,5	0,41
13	Висівання робочого розчину	0,15	га	200	01-10.05	3	8	Case patriot 3330			1	34,42	275,3	275,3	1	1	—	0,95	190	0,029	5,81	0,73
14	Пересівання води, інсектициду Фастак (0,15л/га)	0,15	т	30	20-30.05	3	12	КАМАЗ-55102		Бочка 8м³	1	12	72	144	1	2	—	0,8	37,5	0,12	2,5	0,41
15	Висівання робочого розчину	0,15	т	40	20-30.05	3	8	Case patriot 3330			1	34,42	275,3	275,3	1	1	—	0,95	190	0,029	5,81	0,73
16	Збирання пшениці	5т/га	т	1000	05-20.07	10	14	JD-9640			1	3,9	27,3	54,6	1	2	—	9,1	1820	0,2	51,2	7,32
17	Перевіз зерна на тік	8км	т	1000	05-20.07	10	14	КАМАЗ-45144			2	9,7	67,9	135,4	2	4	—	0,67	670	0,1	103	14,7
	Всього																	30,96	6070,68	1,726	312,13	47,71

Додаток. Pallada-6000 вид загальний



Додаток. Економічні Показники.

Техніко-економічний аналіз

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
Перелік технологічних операцій		Подрібнення катками, дискування ґрунту	
Склад агрегатів: - подрібнення поживних решток - дискування		МТЗ-82.1+ППР-6 ХТЗ-249К20+ Pallada-6000	ХТЗ-249К20+ Pallada-6000 (y)
Питомі експлуатаційні затрати, в тому числі: витрати на ПММ оплата ЗП затрати на амортизацію, ремонт та ТО	грн/га	1 398,72 870,48 149,56 378,68	1 149,92 693,32 90,46 366,14
Питомий економічний ефект	грн / га	-	248,80
Річний економічний ефект	грн	-	263 230,40
Термін окупності додаткових капіталовкладень	років	-	0,85