

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення механізації обробітку ґрунту з розробкою конструкції
глибокорозпушувача**

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-1-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Бібіков Максим Ігорович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » 2025 р.

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

Бібікову Максиму Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації обробітку ґрунту з
розробкою конструкції глибокорозпушувача

керівник роботи Сокол Сергій Петрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«7» травня 2025 року № 964.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту звіти за обраною тематикою. Звітна інформація
господарства. Дані з патентів та проспектів за тематикою.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Коротка характеристика господарства. 2. Аналіз сучасних машин для обробітку ґрунту. 3. Обґрунтування схеми та розробка глибокорозпушувача. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка розробленого розпушувача. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

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

1. Аналіз господарської діяльності підприємства (А1). 2. Аналіз конструктивних рішень (А1). 3. Конструктивна схема (А1). 4. Складальне креслення (А1). 5. Деталювання (А1). 5. Економічні показники проекту (А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Сокол С.П., доцент		
нормоконтроль	Бойко В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання: 25.03.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 3.04.25	
2	Технологічний	до 22.04.25	
3	Конструктивний	до 8.05.25	
4	Охорона праці	до 15.05.25	
5	Економічний	до 22.05.25	
6	Графічна частина	до 12.06.25	

Студент

(підпис)

Бібіков М.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сокол С.П.

(прізвище та ініціали)

Поз.	Форм.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
			<u>Текстові документи</u>		
	A4	52ДП.033.000.000ПЗ	Пояснювальна записка	68	
			<u>Графічні матеріали</u>		
1	A1	52ДП.033.000.000А	Аналіз господарської діяльності підприємства	1	
2	A1	52ДП.033.000.000А	Аналіз конструктивних рішень	1	
3	A1	52ДП.033.000.000ТХ	Конструктивна схема	1	
4	A1	52ДП.033.000.000СК	Складальне креслення	1	
5	A1	52ДП.033.000.000	Деталювання	1	
6	A1	52ДП.033.000.000Е	Економічні показники проекту	1	

АНОТАЦІЯ

Бібіков М.І. Удосконалення механізації обробітку ґрунту з розробкою конструкції глибокорозпушувача / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена покращенню механізації обробітку ґрунту за рахунок розробки конструкції глибокорозпушувача.

Метою роботи є розробка глибоко розпушувача, що дозволить підвищити ефективність процесу розуцільнення ґрунтів без виконання обороту пласта.

В першому розділі проведено аналіз діяльності підприємства, рівень механізації загальна площа та продуктивність основних сільськогосподарських культур. Обґрунтовано актуальність розробки глибокорозпушувача.

В другому розділі проведено аналіз конструкцій глибокорозпушувачів та врахувавши переваги їх та недоліки запропоновано конструкцію глибокорозпушувача адаптованого для агрегаткування з тракторами тягового класу 20 кН.

В третьому розділі виконано основні конструктивні розрахунки глибокорозпушувача

В четвертому розділі розроблено заходи з охорони праці на виконанні розпушування ґрунту машино-тракторним агрегатом.

В п'ятому розділі проведено техніко-економічну оцінку ґрунторозпушувача.

Ключові слова: ґрунторозпушувач, тяговий опір, робочий орган, плужна підшва, розуцільнення ґрунту

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	10
1.1. Загальні відомості	10
1.2. Характеристика рослинництва господарства	10
1.3. Механізація господарства	13
1.4. Нафто-господарство ПП «Агровест-Україна»	15
1.5. Висновки та обґрунтування актуальності проекту	16
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	18
2.1. Основні та перспективні технології обробітку ґрунту	18
2.2. Мета та задачі кваліфікаційної роботи	21
2.3. Актуальність та особливості процесу основного обробітку ґрунту з використанням глибокорозпушувачів	22
2.4. Аналіз засобів механізації основного обробітку з використанням глибокорозпушувачів	25
2.5. Аналіз конструкцій робочих органів глибокорозпушувачів	32
2.6. Висновки	35
3. ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА	37
3.1. Обґрунтування конструктивної схеми глибокорозпушувача	37
3.2. Розрахунок конструктивно-технологічних параметрів агрегату	39
3.3. Розрахунок продуктивності агрегату	47
3.4. Розрахунок на міцність стійки з робочими органами глибокорозпушувача	48
3.5. Висновки	50

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	51
4.1. Аналіз стану з охорони праці в господарстві	51
4.2. Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві	53
4.3. Інструкція з охорони праці при експлуатації розробленого глибокорозпушувача	54
4.4. Захист навколишнього середовища при експлуатації розробленого глибокорозпушувача	56
4.5. Висновки	57
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	58
5.1. Розрахунок економічних показників проекту	58
5.2. Висновки	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	64
ЛІТЕРАТУРА	65
ДОДАТКИ	68

ВСТУП

Основний обробіток ґрунту є важливою технологічною операцією, що сприяє створенню оптимальних умов для розвитку рослин, а також забезпечує збереження родючості ґрунту. Зазвичай основний обробіток ґрунту включає оранку, культивацію, боронування, а також розпушування ґрунту для покращення його структури і водно-повітряного режиму [1].

Виконання оранки дозволяє розуцільнити ґрунт, перемістити насіння бур'янів на глибші горизонти, що затримує їх появу та дає час підвищити конкурентність основних культур. Покращує аерацію та водопоглинання за рахунок розпушення ґрунту [2].

Основним недоліком оранки являється постійне переміщення родючого поверхневого шару ґрунту (гумусу) на низькі горизонти та окиснення його органічних сполук. Це обмежує використання поживних речовин на етапі проростання насіння тому в більшості випадків господарства практикують внесення мінеральних добрив одночасно з посівом насіння.

Основний обробіток ґрунту (оранка) вимагає значних затрат пального для роботи енергонасиченої техніки, що підвищує собівартість сільськогосподарської продукції.

Розробка ґрунторозпушувачів та їх застосування замість традиційного плуга стає все більш актуальним у зв'язку з необхідністю збереження родючості ґрунтів та підвищення ефективності аграрного виробництва. Ґрунторозпушувачі дозволяють розпушувати ґрунт без його перевертання, що зберігає структуру родючого шару та зменшує ризик ерозії. Ґрунторозпушувачі дозволяють зберігати покращений водно-повітряний режим у ґрунті, що сприяє розвитку кореневої системи та росту рослин. Технологія використання ґрунторозпушувачів потребує менших затрат енергії та пального, ніж традиційна оранка [3].

Відсутність перевертання ґрунту допомагає зберігати органічну речовину в ньому, що сприяє покращенню його структури та збереженню гумусу.

Актуальність розробки ґрунторозпушувачів зумовлена потребою у збереженні екологічної рівноваги та родючості ґрунтів, підвищенні ефективності використання земельних ресурсів і зниженні негативного впливу аграрної діяльності на навколишнє середовище. Замінюючи плуг на ґрунторозпушувач, фермери можуть значно зменшити негативні наслідки перевертання ґрунту, покращити його структуру і стабільність, а також знизити витрати на паливо та технічне обслуговування техніки. Це дасть змогу забезпечити сталий розвиток сільського господарства, особливо на землях, де важливе збереження родючості та покращення екологічного стану ґрунтів.

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Загальні відомості

Приватне підприємство «Агровест-Україна» [4] знаходиться на правобережжі України, в Нікопольському районі Дніпропетровської області, в селі Веселе. Територія підприємства розташована в лісостеповій зоні. Від обласного центру ПП відокремлене на відстань 150 км, а від райцентру – 30 км. Через територію підприємства проходить автомобільна траса Т 0435. На території району протікає річка Дніпро, яка забезпечує водні ресурси для господарства.

Підприємство охоплює землі двох населених пунктів – сіл Веселе та Томаківське, що мають спільні сільськогосподарські угіддя. Основна садиба підприємства розміщується в селі Веселе.

Основний напрямок виробничої діяльності підприємства – вирощування зернових культур. Структура підприємства включає тракторну бригаду та тік, які функціонують автономно. Обидва підрозділи розташовані в селі Веселе поряд з головною садибою

Клімат на території господарства помірно-континентальний, переважаючі вітри – східні, південно-східні. Ґрунти переважно чорноземи. Середня температура взимку – 14,5°C, влітку +26°C, середня кількість опадів за рік – 430мм.

1.2. Характеристика рослинництва господарства

Для ефективного управління земельними ресурсами керівник підприємства веде реєстр та технічну документацію на ділянки, які знаходяться у власності господарства та орендовані у місцевих жителів. Земельні угіддя ПП

розташовані як у селі Веселе, так і в Томаківському. Основну структуру земельних угідь ПП представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Землевикористання в ПП «Агровест-Україна»

Види угідь	2022 р	2023 р	2024 р	
	Площа, га	Площа, га	Площа, га	Структура, %
Загальна площа угідь	672,6	685	695	100
Орна земля	574	579	601	86,5
Сінокоси	41,5	40,2	37,7	5,4
Звичайні пасовища	39,1	37	35,7	5,1
Штучні водоймища	0,6	0,6	0,6	0,1
Присадибні ділянки	17,4	18,2	20	2,9

У порівнянні з 2022 роком в 2024 році «Агровест-Україна» збільшило загальну площу угідь на 3,3%, зокрема за рахунок розширення орних земель (+4,7%) та присадибних ділянок (+14,9%). Одночасно спостерігається зменшення площ під сінокосами (-9,2%) та пасовищами (-8,7%), що свідчити про зміну в аграрній політиці та коригування потреб господарства у використанні цих видів угідь.

Щоб проаналізувати і дати оцінку структурі посівних площ господарства наведемо дані по основним культурам а саме озимій пшениці, кукурудзі, соняшнику та ріпаку за останні три роки (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Площа посівних культур ПП«Агровест-Україна»

Культура	РОКИ					
	2022		2023		2024	
	(га)	%	(га)	%	(га)	%
Озима пшениця	168	29,0	141	24,4	142	23,6
Кукурудза	211	36,4	241	41,6	232	38,6
Ріпак	76	13,1	96	16,6	135	22,5
Соняшник	119	21,4	101	17,4	92	15,3
Всього	574	100,0	579	100,0	601	100,0

Протягом аналізованого періоду «Агровест-Україна» збільшило загальну площу посівних культур на 4,7%. Особливо значне зростання площі під ріпаком, що свідчить про зміну в стратегії господарства у бік вирощування олійних культур. Одночасно зменшились площі під озимою пшеницею та соняшником, що вказує на коригування структури посівів згідно з економічними умовами та потребами ринку. Вирощування кукурудзи залишилось на високому рівні, але її частка в загальній структурі дещо зменшилась.

Таблиця 1.3 – Урожайність сільськогосподарських культур

Культура	2022	2023	2024
	(т/га)	(т/га)	(т/га)
Озима пшениця	3,78	3,8	3,95
Соняшник	1,8	1,8	2,2
Кукурудза	5,2	4,8	5,5
Ріпак	2,2	1,9	2,7

У 2023 році площі під культурами зросли, зокрема площа під кукурудзою збільшилась до 241 га, однак урожайність знизилася до 4,8 т/га. Соняшник та ріпак зазнали змін у площах і урожайності: площа під соняшник зменшилась до 101 га, але урожайність залишилася стабільною на рівні 1,8 т/га, а площа під ріпак збільшилась до 96 га, з урожайністю 1,9 т/га.

У 2024 році відбулося подальше збільшення площ під ріпак до 135 га та покращення урожайності кукурудзи до 5,5 т/га, що свідчить про підвищення ефективності використання землі для цієї культури. Озима пшениця та соняшник залишаються на рівні попереднього року, з незначними коливаннями площ та урожайності.

1.3 Механізація господарства

Впровадження сучасних технологій неможливе без інтеграції механізованих енергетичних засобів в технологічний процес. Впровадження механізації в аграрному секторі, зокрема в рослинництві дає змогу значно підвищити ефективність виробничих процесів, завдяки застосуванню новітніх наукових розробок і технічних інновацій.

У ПП «Агровест-Україна» особлива увага приділяється механізації основних етапів виробництва. Механізації підприємства знаходиться на високому рівні, що складає 95 відсотків. Механізація основних технологічних операцій (грунтообробка, посів, догляд за рослинами, збирання врожаю та ін.) дозволяє значно збільшити продуктивність, зменшити трудові витрати та знизити витрати на виробництво продукції рослинництва. Інформацію про основні засоби механізації в рослинництві можна знайти в таблиці 1.4. Більша частина машино-тракторного парку забезпечена технікою провідних закордонних фірм, що мають високий рівень виробництва та підвищені основні показники ефективності її роботи. Надійність та економічність техніки забезпечує підвищення економічної ефективності вирощування основних сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.4 – Засоби механізації рослинництва в ПП «Агровест-Україна»

Назва та марка машини	Кількість, шт.
Мобільні енергетичні засоби	
Комбайн John Deere 9880 STS	2
Автомобіль ЗІЛ-130	3
Автомобіль MAN -TGX -18.440	2
Трактор МТЗ-80	2
Трактор МТЗ-1221	2
Трактор John Deere 6340R	1
Трактор John Deere 8410R	1
Сільськогосподарські машини	
Плуг John Deere 3810-8F	2
Плуг ПЛН-3-35	4
Грунтообробний агрегат АГ-2,4	2
Борона дискова John Deere 2600	2
Борона ЗБЗТ-1,0	30
Борони ЗБЗС-1,0	24
Зчіпка С-11У	2
Сівалка СЗ-3,6	4
Сівалка точного висіву Веста УПС 8-04	4
Сівалка John Deere 1770	2
Культиватор КПС-12ПМ	1
Культиватор КПСО-8	1
Культиватор КПС-4	4
Культиватор КРН-5,6	4

Продовження табл. 1.4

1	2
Опрыскувач John Deere R 4030	1
Опрыскувач ОПШ-3524	2
Розкидач НРУ–0,5	2
Розкидач John Deere DN218	1
Прес-підбирач Mchale V6740 V640	2
Причепи	
2ПТС-4	6
2ПТС-10	2
Навантажувач	
Manitou MT 835	1

Згідно таблиці 1.4 технічне оснащення підприємства «Агровест-Україна» є достатньо розвинутим для здійснення всіх необхідних технологічних процесів у рослинництві. Комбінація різних видів машин і агрегатів дозволяє знизити трудові витрати, збільшити продуктивність праці та забезпечити високу якість виконуваних сільськогосподарських робіт.

1.4. Нафто-господарство ПП «Агровест-Україна»

Для вирішення питань забезпечення енергетичних засобів паливом та мастилами поруч з територією тракторної бригади розміщено пункт зберігання та видачі паливно-мастильних матеріалів. Загальний вигляд пункту нафто-господарства представлено на рис. 1.1.

На території пункту розміщено резервуари для зберігання палив 4 та 5 пост заправника та приміщення для зберігання мастил 3, колонки для заправки палив 2. На в'їзді на територію поруч з резервуарами зберігання палива розміщений куточок протипожежної безпеки 1.

Забезпечення нафтопродуктами здійснюється з нафтобази розміщеної в м. Дніпро. За рік господарство споживає до 30 тон дизельного палива та близько 4 тон бензину.

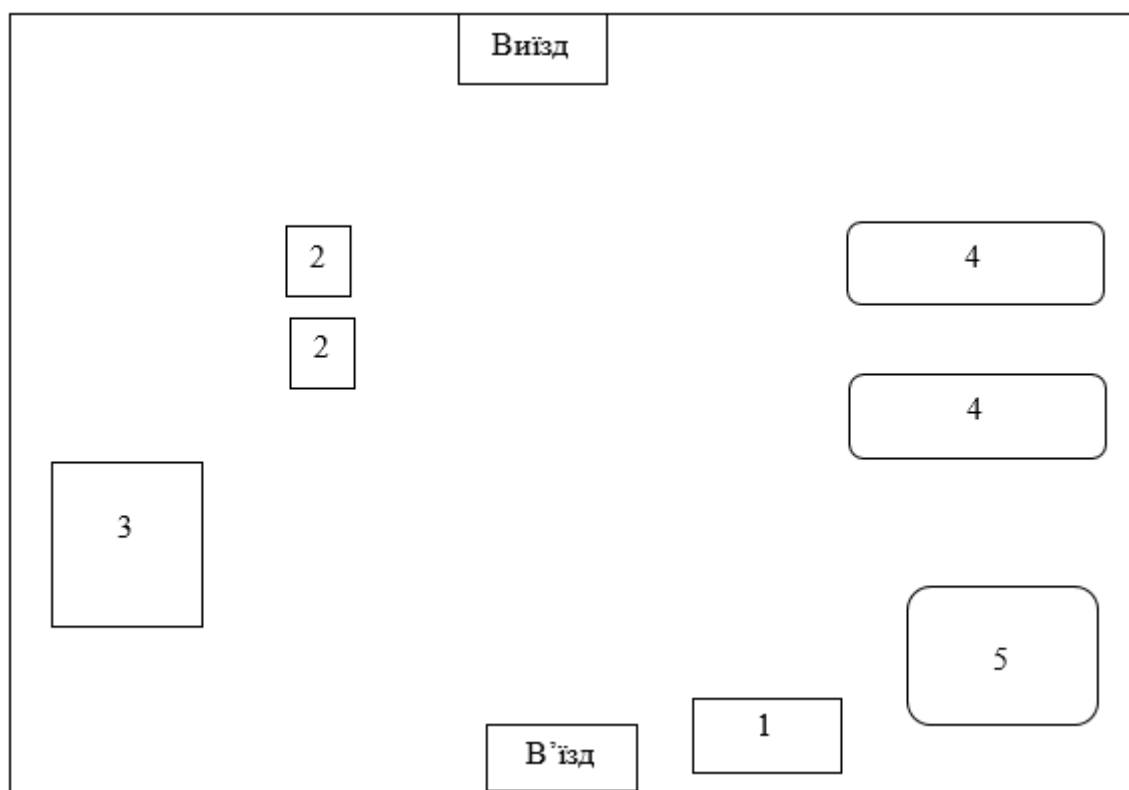


Рис. 1.1 Пункт видачі та зберігання нафтопродуктів

1.5. Висновки та обґрунтування актуальності проекту

1. ПП «Агровест-Україна» є ефективним сільськогосподарським підприємством, яке здійснює вирощування зернових культур та активно розвиває свої земельні ресурси. Підприємство має добре організовану інфраструктуру та сучасне технічне оснащення, що дозволяє забезпечити високу продуктивність та ефективність виробничих процесів.

2. Механізація господарства знаходиться на високому рівні, що сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів. Використання техніки від провідних світових виробників, таких як John Deere, дозволяє значно зменшити трудові витрати, знизити собівартість продукції та підвищити якість виконуваних робіт. Інтеграція новітніх технологій у сільськогосподарське виробництво забезпечує господарству конкурентоспроможність на ринку.

3. З метою зниження витрати енерго ресурсів та поліпшення ефективності основного обробітку ґрунту в господарстві, актуальним буде розробка ґрунторозпушувача, конструкція якого сприятиме поліпшенню структури ґрунту, покращенню аерації, збереженню вологи та підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Розробка такого пристрою дозволить зменшити витрати пального, скоротити час обробки земель та сприятиме більш економічному і екологічному використанню земельних ресурсів, що є важливим для сталого розвитку аграрного виробництва.

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

2.1. Основні та перспективні технології обробітку Ґрунту

Згідно літературних джерел обробіток ґрунту поділяється на основний поверхневий та нульовий [5]. Для підвищення ефективності механізації обробітку ґрунту виконаємо аналіз кожного із них.

Основний обробіток ґрунту є однією з ключових технологічних операцій у системі вирощування сільськогосподарських культур. Його головною метою є створення сприятливого середовища для росту рослин шляхом розпушування, вирівнювання поверхні поля, знищення бур'янів та заробки післяжнивних решток. Основний обробіток ґрунту в залежності від обраної технології здійснюється з використанням плугів, глибокорозпушувачів, дискових борін плоскорізів-глибокорозпушувачів, комбінованих ґрунтообробних машин.

Залежно від умов господарства, типу ґрунтів та вирощуваних культур, застосовуються різні методи основного обробітку, кожен із яких має свої особливості та ефективність.

Традиційні технології обробітку ґрунту.

Глибоке розпушування з оборотом пласта. Найпоширенішою класичною технологією є орний обробіток із використанням плугів із передплужниками або без них. Глибина оранки зазвичай становить від 20 до 30 см [6]. Оранка ефективно розпушує ґрунт, знищує бур'яни та сприяє накопиченню вологи у нижніх шарах.

Проте класична оранка має і недоліки: висока енергоємність процесу, ризик ущільнення ґрунту на глибині завдяки формуванню подошви утвореної робочими органами плуга та зниження біологічної активності в ґрунті, яке пов'язане з постійним перемішуванням поверхневого родючого шару ґрунту гумусу з нижніми менш біологічно-активними шарами. Окрім оранки, у традиційних технологіях використовуються й інші методи.

Глибоке розпушування без обороту пласта ґрунту, але з глибоким руйнуванням ущільнених горизонтів на глибині від 28 до 50 см, що сприяє покращенню аерації та водопроникності. Для виконання даної операції використовуються, глибокорозпушувачі чизелі, глибокорозпушувачі-плоскорізи, важкі дискові борони [7].

Поверхневий обробіток (лущення стерні, культивуаія) — виконується дисковими або лаповими знаряддями на глибину 6–12 см для боротьби з бур'янами і провокування проростання падалиці [8].

Перспективні технології обробітку ґрунту

З розвитком агротехнологій все більшу популярність набувають ресурсозберігаючі і безплужні технології, серед яких особливо виділяються такі напрями [9]:

Мінімальний обробіток ґрунту (Mini-Till). Ця технологія передбачає обмеження обробітку тільки поверхневими шарами (5–15 см) за допомогою дискових борін або плоскорізів. Зменшення інтенсивності обробітку знижує втрати вологи, зберігає структуру ґрунту та сприяє розвитку корисної мікрофлори.

Нульовий обробіток (No-Till). Технологія повної відмови від механічного обробітку ґрунту. Насіння висівають безпосередньо у необроблений ґрунт спеціальними сівалками. Такий підхід забезпечує збереження органічної речовини, покращує вологоутримання, знижує ерозійні процеси. Проте No-Till вимагає ретельного контролю за бур'янами та інше управління поживними рештками.

Стрип-Тілл (Strip-Till). Компромісний варіант між традиційною обробкою і No-Till: обробляються лише вузькі смуги ґрунту в місцях посіву, а міжряддя залишаються необробленими. Такий підхід дозволяє зменшити енергозатрати, зберегти вологу і водночас забезпечити сприятливі умови для розвитку кореневої системи.

Порівняльна характеристика технологій наведена в таблиці 2.1 [10]. Так класична оранка забезпечує швидке створення оптимального посівного шару, проте є енергоємною про що свідчать наведені дані з витрати пального на гектар обробленої площі також оранка сприяє деградації ґрунту за тривалого використання. Мінімальний обробіток і No-Till мають меншу енергозатратність, покращують екологічний стан полів, але вимагають високої агрономічної культури та відповідного технічного оснащення.

Таблиця 2.1. Порівняльна характеристика технологій обробітку ґрунту

Критерій	Класична оранка	Глибоко-розпушування	Мінімальний обробіток (Mini-Till)	Нульовий обробіток (No-Till)	Стріп-Тілл (Strip-Till)
Глибина обробітку	20–30 см	35–45 см	5–15 см	Без обробітку	Локальна обробка у рядках до 20 см
Вплив на структуру ґрунту	Часто руйнується	Поліпшується за рахунок руйнування ущільнень	Мінімальне порушення	Зберігається природна структура	Зберігається у міжряддях
Вологозбереження	Середній	Середній	Високий	Дуже високий	Високий
Енергозатрати	Високі	Високі	Середні	Низькі	Середні
Необхідність спеціальної техніки	Невисока	Невисока	Помірна	Висока (спеціальні сівалки)	Висока (спеціальні агрегати)
Боротьба з бур'янами	Механічна та хімічна	Виконується окремо іншими засобами	Переважно хімічна	Переважно хімічна	Комбінована
Підготовка ґрунту під посів	Добре	Добре	Задовільно	Частково	Добре у оброблених смугах
Ризики	Ущільнення підшви плуга	Накопичення бур'янів	Накопичення бур'янів	Більш залежний від гербіцидів	Вища вартість обладнання
Основні переваги	Швидка підготовка ґрунту	Руйнування ущільнених шарів, покращення аерації	Економія палива, збереження вологи	Збереження родючості, захист ґрунтів	Компроміс між No-Till та оранкою
Витрати дизельного пального, л/га	15–25 л/га	17–23 л/га	8–12 л/га	2–5 л/га	6–10 л/га

Перехід до перспективних технологій часто здійснюється поступово, адаптуючись до конкретних умов господарства, структури ґрунтів та кліматичних особливостей регіону.

За результатами проведеного аналізу можна сказати, що основний обробіток ґрунту продовжує еволюціонувати у напрямку збереження родючості, мінімізації енергозатрат і захисту навколишнього середовища. Вибір тієї чи іншої технології повинен базуватися на комплексній оцінці природно-кліматичних умов, економічних можливостей господарства та агротехнічних вимог вирощуваних культур.

2.2. Мета та задачі кваліфікаційної роботи

Отже врахувавши особливості технологій обробітку ґрунту та кліматичні умови господарства за мету кваліфікаційної роботи обрано удосконалення механізації обробітку ґрунту з розробкою конструкції глибокорозпушувача, ефективного, надійного та енергозберігаючого знаряддя для глибокого обробітку ґрунту без обороту пласта, яке забезпечуватиме покращення агрофізичних властивостей ґрунту, сприятиме збереженню його структури, підвищенню водопроникності та аерації, а також зменшенню негативних наслідків ущільнення на врожайність сільськогосподарських культур.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі

- визначити основні агротехнічні вимоги до роботи ґрунторозпушувача в різних умовах експлуатації;
- провести аналіз існуючих конструкцій ґрунторозпушувачів, виявити їхні переваги та недоліки;
- розробити принципову конструкцію нового ґрунторозпушувача з урахуванням вимог міцності, довговічності та простоти обслуговування.
- провести розрахунки основних конструктивно-технологічних параметрів;

- розробити заходи з охорони праці на виконанні ґрунтообробних операцій з використанням глибокорозпушувачів в агрегаті з трактором;
- виконати економічну оцінку запропонованої конструкції глибокорозпушувача.

2.3. Актуальність та особливості процесу основного обробітку ґрунту з використанням глибокорозпушувачів

Глибокорозпушування є одним із найважливіших агротехнічних прийомів, спрямованих на поліпшення фізичних властивостей ґрунту. На відміну від традиційної оранки, яка супроводжується перевертанням пласта, глибокорозпушування забезпечує розпушення ґрунту без його перевертання, що дозволяє зберігати природну структуру верхнього шару і водночас руйнувати ущільнені горизонти, що перешкоджають розвитку кореневої системи рослин.

В умовах сучасного землеробства питання збереження родючості ґрунтів, підвищення їхньої водопроникності та поліпшення аерації набувають особливої важливості. Одним із головних негативних наслідків тривалого застосування традиційної оранки є утворення плужної підшви (рис. 2.1) [11] ущільненого шару ґрунту, що перешкоджає нормальному розвитку кореневої системи рослин, обмежує водо- і повітрообмін та призводить до зниження врожайності.

Розробка конструкції ефективного глибокорозпушувача є актуальною відповіддю на виклики, що постають перед аграрною галуззю. Такі агрегати дозволяють проводити глибоке розпушування без обороту пласта, руйнуючи ущільнені горизонти (плужну підшву) і створюючи сприятливі умови для накопичення вологи, доступу повітря і розвитку мікробіологічної активності у ґрунті.

З огляду на тенденції переходу до енергозберігаючих і екологічно безпечних технологій, особливої важливості набуває створення

глибокорозпушувачів з оптимізованою конструкцією, що дозволяють мінімізувати енерговитрати при обробітці, зменшити вплив на структуру ґрунту і підвищити ефективність використання техніки. Удосконалення таких машин сприятиме не лише економії ресурсів, а й забезпеченню стабільної урожайності в умовах змін клімату та посилення навантаження на агроландшафти.

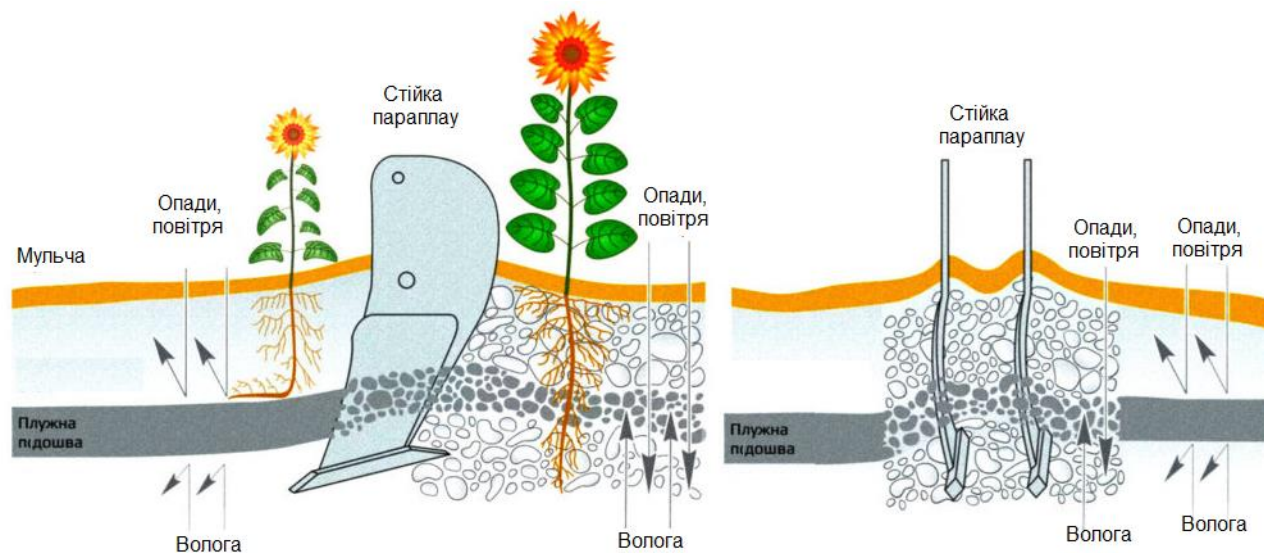


Рис. 2.1. Руйнування плужної підшви глибокорозпушувачем

Таким чином, розробка новітньої конструкції глибокорозпушувача є важливим етапом у вдосконаленні технологій обробітці ґрунту, спрямованим на підвищення ефективності виробництва та довгострокове збереження природної родючості земельних ресурсів.

Особливістю роботи глибокорозпушувача є створення глибоких щілин у ґрунті за допомогою спеціальних робочих органів лап, долотоподібних або стрілочастих. Глибина обробітці зазвичай становить від 30 до 50 см і залежить від типу ґрунту, ступеня його ущільнення та агрономічних вимог до вирощуваних культур. В таблиці 2.2 наведено основні показники для виконання технологічної операції з глибокорозпушування в умовах лісостепу України.

Глибокорозпушувачі за конструкцією можуть бути навісними, напівнавісними або причіпними й агрегуються з тракторами високої потужності від 150 к.с. і більше. Робочі органи цих агрегатів розташовані на

певній відстані один від одного, що забезпечує достатнє руйнування ґрунтового профілю при мінімальному переміщенні ґрунту в горизонтальній площині.

Таблиця 2.2 – Основні показники для виконання технологічної операції

Параметр	Оптимальні значення
Вологість ґрунту	18-22%
Кращий період виконання	Осінь (дуже рідко рання весна)
Типи ґрунтів	Чорноземи, важкі та середні суглинки, а також деградовані ґрунти
Температура повітря	+5...+20 °C
Кількість опадів	Мінімальна (вибирають суху погоду без дощів)
Структура ґрунту	Після стискання легко розсипається

Процес механізації глибокорозпушування має свої характерні особливості.

Високі тягові вимоги. Для ефективного виконання глибокорозпушування необхідні трактори з великою питомою потужністю та високими тяговими зусиллями. У зв'язку з цим часто застосовуються трактори з тяговим зусиллям від 30 кН до 50 кН або з потужністю двигуна від 120 кВт і до 380 кВт.

Оптимізація робочої ширини і глибини. Ширина захвату глибокорозпушувачів зазвичай становить 2,5–5 м, що дозволяє ефективно обробляти великі площі без надмірного навантаження на трактор. Глибина розпушування регулюється залежно від конкретних умов поля і за допомогою спеціальних опорних коліс або катків.

Зменшення енерговитрат через правильне налаштування. Для зниження витрат палива і зношування техніки важливо правильно встановлювати кут атаки робочих органів та глибину занурення. Це дозволяє зменшити опір ґрунту при роботі і запобігти надмірному ущільненню розпушеної зони.

Агротехнічний ефект. Правильне глибокорозпушування дозволяє накопичувати вологу у нижчих шарах ґрунту, створювати сприятливі умови для розвитку кореневої системи, активізувати біологічні процеси та забезпечувати підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Ефективність глибокорозпушування залежить від правильного вибору термінів обробітку, вологості ґрунту та агрофізичних характеристик поля. Оптимальні результати досягаються за вологості ґрунту близько 60–70% від найменшої вологоємності. Надмірно вологий ґрунт при обробці ущільнюється, а надто сухий сприяє перевитраті енергії через підвищений опір робочим органам.

Доцільно застосовувати глибокорозпушувачі на полях із вираженим ущільненням ґрунту, після багаторічного використання важких тракторів або у випадку поганої водопроникності ґрунтів. У системах точного землеробства глибокорозпушування може застосовуватися локально – тільки у тих місцях, де за даними агрохімічного чи фізичного обстеження виявлено ущільнені горизонти.

2.4. Аналіз засобів механізації основного обробітку з використанням глибокорозпушувачів

Як уже говорилося глибокорозпушувачі поділяються на основні три типи за способом агрегування з трактором: начіпні, напівпричіпні, та причіпні. Також розпушувачі поділяються за конструктивними ознаками. На першому етапі аналізу розглянемо особливості розпушувачів за способом агрегування.

Начіпні (навісні) глибокорозпушувачі – агрегуються із тракторами за допомогою триточкової навіски. Характеризуються невеликою шириною захвату (2–3 м) і підходять для обробітку відносно невеликих площ. Основна

інформація по навісним глибокорозпушувачам поширеним в Україні наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні показники навісних глибокорозпушувачів

Назва моделі	Країна виробник	Основні характеристики
ФРАНК-2.5	Україна	Ширина захвату 2,5 м, глибина до 45 см, для тракторів від 160 к.с.
LOZOVA MACHINERY "Ducat-Subsoiler"	Україна	Ширина 3 м, глибина до 50 см, стійки параплау, робота з тракторами від 180 к.с.
Bednar TERRALAND TN_PROFI 3000	Чехія	Робоча ширина 3 м, глибина обробітку до 55 см, спеціальні стійки з низьким опором, трактори від 180 к.с.
Kuhn DC 401	Франція	Робоча ширина 4 м, глибина до 45 см, 7 стійок, для тракторів 200+ к.с.
Maschio Gaspardo Attila 300	Італія	Ширина захвату 3 м, глибина до 50 см, 5–7 стійок, агрегування з тракторами від 170 к.с.

Глибокорозпушувач ФРАНК-2.5 (рис. 2.2) [12] є навісним сільсько-господарським агрегатом вітчизняного виробництва, призначеним для глибокого безвідвального обробітку ґрунту на глибину до 45 см. Його конструкція розроблена з урахуванням сучасних вимог до збереження структури ґрунту, підвищення водопроникності та ефективної боротьби з ущільненими шарами. До складу агрегату входять п'ять вигнутих стійок (не параплау), що дозволяє знизити тяговий опір та відповідно забезпечити агрегування з тракторами 3 тягового класу. Така форма стійок дозволяє ефективно розривати

ущільнені горизонти без перевертання пласта ґрунту. Глибина регулюється зміною положення голчастих котків для додаткового розпушування та вирівнювання ґрунту розташованих позаду агрегату.



Рис. 2.2. Глибокорозпушувач Франк 2,5

До переваг розпушувача можна віднести простоту та надійність конструкції. Меншу вартість при дотриманні якості в порівнянні з закордонними аналогами. Універсальність застосування, може використовуватись у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Крім переваг Франк 2,5 має і недоліки. Відносно вузька робоча ширина потребує більше проходів по полю при обробці великих площ та відповідно обмежений асортимент модифікацій у порівнянні з іноземними виробниками.

Для порівняння розглянемо представника навісних розпушувачів закордонного виробництва на прикладі Bednar TERRALAND TN_PROFI 3000 (Чехія) [13]. Це навісний глибокорозпушувач, призначений для

енергозберігаючого глибокого обробітку ґрунту на глибину до 55 см без обороту пласта.

Агрегат спеціально розроблений для роботи у важких умовах завдяки зміцненій конструкції рами і агрегатується з тракторами потужністю від 180–220 к.с. залежно від глибини обробітку і стану поля. До складу агрегату входять 7 стійок (рис. 2.2) з гідравлічним або механічним захистом для роботи на кам'янистих ґрунтах. Ущільнювальний коток: Twin-Roller або Cutpack, який закриває профіль борозни, утримуючи вологу та вирівнюючи поле. Як і в попередньому варіанті глибина регулюється за допомогою зміни положення котків за допомогою гідроприводу.



Рис. 2.2. Глибокорозпушувач TERRALAND TN_PROFI 3000

Переваги. Завдяки навісному типу, агрегат легко розгортати на полях і транспортувати. Якісне руйнування ущільненого шару завдяки додатковим коткам. Швидке налаштування завдяки гідравлічним системам регулювання.

Недоліки. Високі тягові вимоги до тракторів. Вища вартість порівняно з простими моделями глибокорозпушувачів через застосування міцних матеріалів і складних конструкцій.

Напівпричінні та причінні глибокорозпушувачі — мають більшу робочу ширину (4–6 м і більше), власне шасі і забезпечують високу продуктивність на

великих полях. Для їх ефективного використання потрібні трактори підвищеної потужності. Основні їх показники наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні показники напівпричіпних, причіпних та комбінованих глибокорозпушувачів

Модель	Країна виробник	Робоча ширина	Глибина обробітку	Потужність трактора	Агрегаткування
Bednar TERRALAND TO 6000	Чехія	6,0 м	до 55 см	від 300 к.с.	Напів-причіпний
GREGOIRE BESSON HELIOS SP	Франція	5,3 м	до 50 см	від 280 к.с.	Причіпний Комбінований
ГРП-5М	Україна	5 м	до 60 см	від 320 к.с.	Напів-причіпний
Case IH Ecolo tiger-530	США	4,2 м	до 35 см	від 250–350 к.с.	Напів-причіпний Комбінований

В Україні також активно виробляють напівпричіпні і причіпні глибокорозпушувачі, орієнтовані на наші агрокліматичні умови та потреби господарств. Основні виробники LOZOVA MACHINERY, Велес Агро, Аверс-Агро, Elvorti та ін.

Для аналізу розглянемо модель причіпного глибокорозпушувача ГРП-5 (рис. 2.3) від компанії Аверс-Агро [14]. Ширина захвату причіпного розпушувача складає 5 метрів, що забезпечує досить високу продуктивність з глибиною обробітку дельта-подібними стійками до 60 см за умови використання в агрегаті з тракторами потужністю не менше 320 к.с.



Рис. 2.3. Причіпний глибокорозпушувач ГРП-5М [14]

До переваг такого глибокорозпушувача можна віднести його простоту конструкції а відповідно доступну вартість для аграріїв, міцність та підвищену продуктивність. Якість обробітку задовільна. До недоліків розпушувача віднесем високі тягові вимоги до тракторів та складність регулювань глибини обробітку за межами кабіни трактора.

Комбіновані напівпричіпні та причіпні агрегати – поєднують функції глибокорозпушення з іншими операціями (вирівнюванням поверхні, луцення, дискування), що дозволяє скоротити кількість проходів по полю і зменшити витрати пального.

В якості робочих органів глибокорозпушувачів використовуються є стійки, оснащені різними типами лап або долот, які забезпечують розпушення ґрунту на глибину 30–60 см без його перевертання. Найбільш поширеними є такі варіанти:

Прямі стійки призначені для роботи на твердих ґрунтах, створюють мінімальне підняття поверхні.

Вигнуті стійки типу парашлау застосовуються для глибокого розпушення зі зменшенням енерговитрат і мінімальним порушенням структури верхнього шару.

Використання лап зі стрілочастими наконечниками дозволяє розширити зону розпушення, але підвищує тяговий опір машини, що вимагає агрегатування з енергонасиченими тракторами потужністю від 400 к.с (Case Quadtrac 500, Джон

Дір 9RX та ін). Правильний вибір конструкції стійок і наконечників дозволяє оптимізувати якість обробітку, забезпечити ефективне руйнування ущільнених шарів без зайвого перемішування ґрунтових горизонтів.

Для аналізу розглянемо досить поширену модель глибокорозпушувача серед аграріїв Case IH Ecolo-Tiger 530 [15]. Це потужний напівпричіпний глибокорозпушувач (дисковий ріппер), розроблений для інтенсивного основного обробітку ґрунту. Його головним завданням є руйнування ущільнених шарів, поліпшення водопроникності та аерації, що створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи сільськогосподарських культур. Робоча ширина агрегату становить близько 3,8 м, що дозволяє ефективно обробляти великі площі за короткий час. Глибина обробітку сягає 50 см, що забезпечує руйнування ущільнень (плужних підшв та ін.) у глибоких шарах ґрунту.

Машина оснащена п'ятьма параболічними стійками (рис. 2.4), розташованими з інтервалом близько 76 см, що сприяє рівномірному розпушуванню. Передні диски великого діаметра (приблизно 53 см) розрізають залишки рослинності та допомагають підготувати ґрунт перед обробкою стійками.



Рис. 2.4. Напівпричіпний глибокорозпушувач Case IH Ecolo-Tiger 530

Задні дискові котки діаметром близько 43 см завершують процес, вирівнюючи поверхню поля та ущільнюючи ґрунт для збереження вологи. Надійна рама виготовлена з товстостінної сталі, що витримує великі навантаження під час роботи на важких ґрунтах. Для ефективної роботи агрегат вимагає трактор потужністю 290–320 к.с..

Переваги. Забезпечує глибоке руйнування ущільнених шарів ґрунту без перевертання пласта. Підвищує водопроникність і сприяє накопиченню вологи в оброблених шарах. Зменшує кількість проходів по полю завдяки поєднанню дискування та глибокого розпушування.

Недоліки. Необхідність у потужних енергонасичених тракторах потужністю від 290 к.с. Велика маса може бути проблемою на сирих або надто пухких ґрунтах, особливо після дощів. Складне регулярне технічне обслуговування обертових частин агрегату.

В результаті проведеного аналізу конструкцій встановлено, що глибокорозпушувачі є ефективними засобами для поліпшення фізичного стану ґрунту та забезпечення сталого розвитку рослин. При виборі технічних засобів для глибокорозпушення необхідно враховувати не тільки конструктивні особливості агрегатів, а й потужність трактора, тип ґрунтів і агротехнічні умови. Рациональне поєднання технічних рішень сприяє підвищенню продуктивності обробітку та забезпеченню довготривалої родючості земель.

2.5. Аналіз конструкцій робочих органів глибокорозпушувачів

Робочі органи є основною складовою глибокорозпушувачів і визначають ефективність обробітку ґрунту, якість розпушування та енергозатрати агрегату. Саме через конструкцію та розташування робочих органів реалізуються основні агротехнічні вимоги: руйнування ущільнених шарів, покращення водо- і повітропроникності, збереження структури верхнього горизонту ґрунту.

Залежно від конструктивних особливостей і призначення, основними типами робочих органів глибокорозпушувачів є: *прямі стійки* (рис. 2.5, а-в).

Використовуються для роботи на середніх і важких ґрунтах. Забезпечують вертикальне розпушення із мінімальним підняттям пласта ґрунту. Прямі стійки мають просту конструкцію, але потребують більшої тягової сили.

Вигнуті стійки (типу парашлау рис. 2.5 з, д). Характеризуються зігнутою формою, яка дозволяє поступово розривати ущільнення без надмірного переміщення ґрунту. Такі стійки зменшують енерговитрати і краще зберігають структуру верхнього шару.

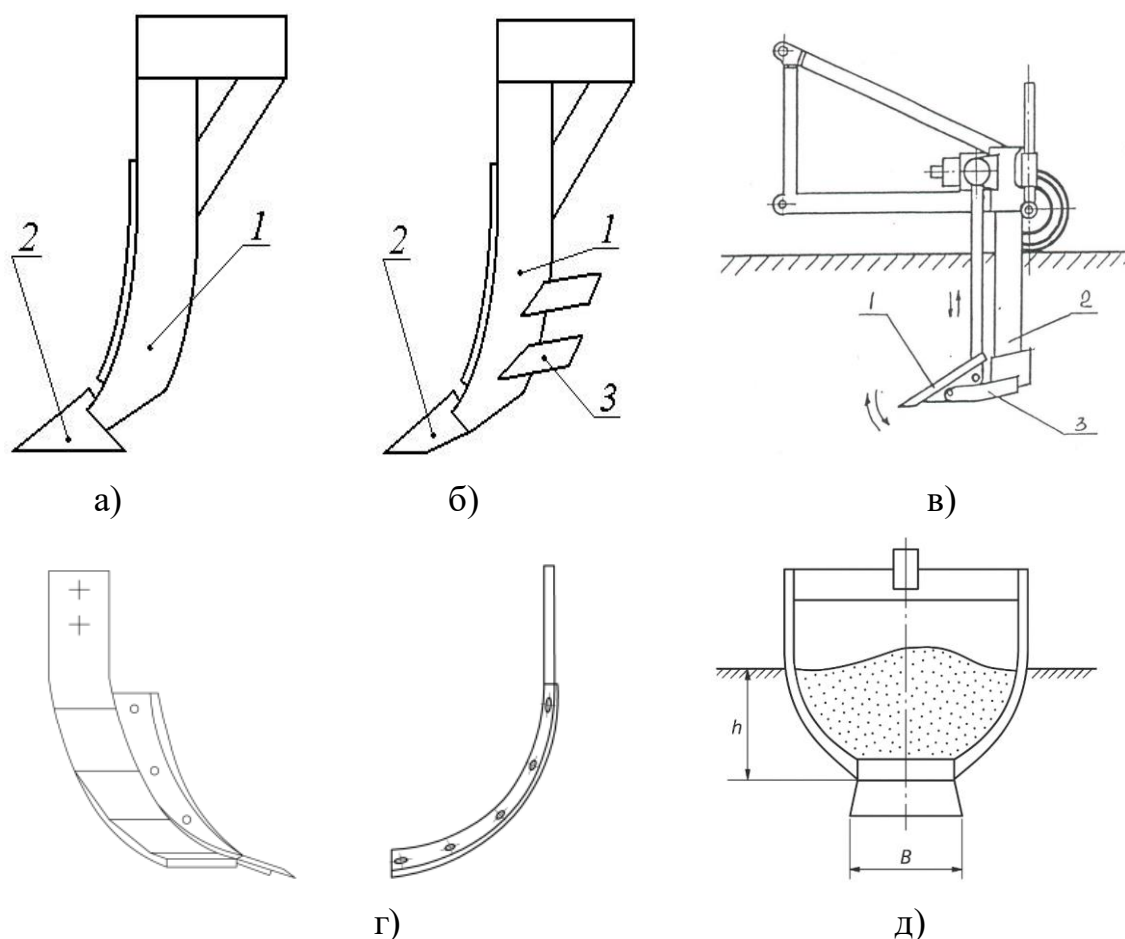


Рис. 2.5. Різновиди конструкцій робочих органів глибокорозпушувачів:

а) – плуг чизельний ПЧ; 1 – пряма стійка; 2 – долото;

б) – чизель розпушувач RZ-220.7; 1 – пряма стійка; 2 – долотоподібна накладка; 3 – додаткові крила; в) – глибокорозпушувач активної дії; 1 – рухоме долото; 2 – пряма стійка; 3 – шарнірна опора; г) – глибокорозпушувач з стійкою і лемішем вигнутої форми пат. №1545953 [16], д) – двостійковий робочий орган глибокорозпушувача із стійками парашлау пат. №1724036 [17]

Стрілчасті лапи (рис. 2.6) [18]. Використовуються для більш широкого обробітку з меншою глибиною до 30 см. Їх застосовують для підвищення зони розпушування з забезпеченням високої продуктивності агрегату.



Рис. 2.6. Стрілчаста лапа 18 см глибокорозпушувача Smart Parts (Англія)

Долотоподібні лапи (рис. 2.5, а-в). Розроблені для глибокого розпушення на важких ґрунтах. Долота мають вузький профіль і працюють на значних глибинах із мінімальним розриванням ґрунту на поверхню.

Комбіновані лапи (рис. 2.7). Поєднують у собі ознаки стрілчастої і долотоподібної форм, що дозволяє одночасно руйнувати ущільнення і частково подрібнювати оброблений шар.



Рис. 2.7. Комбінована стрільчата лапа глибокорозпушувача Bomet Mensa [19]

Матеріали і особливості виготовлення. Робочі органи глибокорозпушувачів виготовляються з високоякісних легованих сталей, які забезпечують високу міцність і стійкість до зношування. Для підвищення довговічності активно застосовується термічна обробка, поверхнєве загартування та наплавлення зносостійких шарів. У сучасних конструкціях також застосовують змінні наконечники та накладки, що дозволяє зменшити витрати на обслуговування і ремонт агрегатів.

Робочі органи глибокорозпушувачів є ключовим елементом у забезпеченні ефективності обробітку ґрунту. Від їхньої форми, розташування, матеріалів виготовлення та конструктивних особливостей залежить якість руйнування ущільнених шарів, витрати енергії на виконання роботи та збереження агрофізичних властивостей ґрунту. Вибір оптимальної конфігурації робочих органів має базуватися на характеристиках поля, типі ґрунту та технологічних завданнях господарства.

2.6. Висновки

1. На основі проведеного аналізу сучасних технологій і технічних засобів обробітку ґрунту встановлено, що у системах основного обробітку особливої актуальності набуває застосування глибокорозпушувачів. Вони забезпечують глибоке руйнування ущільнених шарів без перевертання пласта, покращують аераційні властивості, водопроникність і сприяють накопиченню вологи в орному горизонті. У порівнянні з традиційною оранкою, глибокорозпушування має переваги у збереженні родючості ґрунту, зниженні енерговитрат і зменшенні деградаційних процесів.

2. Аналіз існуючих моделей вітчизняних та закордонних глибокорозпушувачів показав, що, незважаючи на значне різноманіття конструкцій, більшість з них мають певні недоліки, такі як підвищені тягові вимоги, велика маса агрегатів або складність обслуговування.

2. Особливої уваги потребує удосконалення конструкцій робочих органів, що визначають енергоефективність і агротехнічну якість обробітку. Вона повинна бути спрямована на зменшення енерговитрат при збереженні або покращенні агротехнічних показників обробітку ґрунту, підвищення надійності, довговічності, простоти експлуатації і адаптації до різних типів ґрунтів. Розробка енергоефективного глибокорозпушувача дозволить підвищити ефективність основного обробітку, зменшити техногенний вплив на ґрунтовий покрив, оптимізувати витрати ресурсів та сприятиме сталому розвитку агровиробництва в умовах сучасних викликів.

3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА

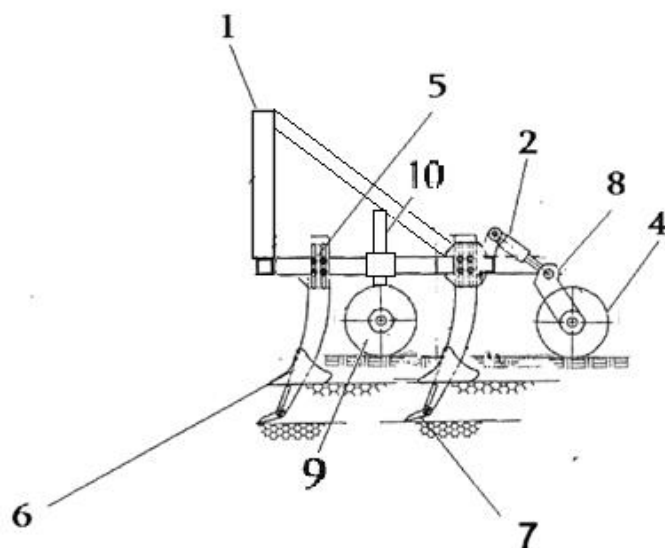
3.1. Обґрунтування конструктивної схеми глибокорозпушувача

В результаті проведеного аналізу в попередньому розділі встановлено, що проблемою більшості глибокорозпушувачів є обробка ґрунту з нерівномірною структурою розпушування, оскільки робочі органи виконують підрізання товстого шару ґрунту. Ще однією проблемою даного типу машин є підвищенні енергозатрат в зв'язку з встановленням додаткових робочих органів для поліпшення рівномірності розпушування. Тому технічним завданням для удосконалення механізації обробітку ґрунту є розробка конструкції глибокорозпушувача з рівномірним кришінням ґрунту за без додаткового енергетичного навантаження на тяговий засіб.

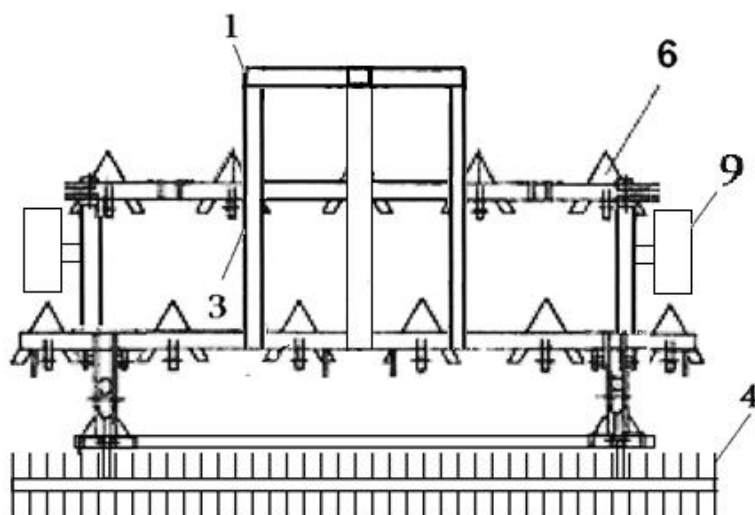
Поставлена технічна задача вирішується за рахунок розробки стійки глибокорозпушувача з можливістю встановлення на глибині культивації від 6 до 16 см стрільчастих культиваторних лап. Такий підхід дозволить знизити кількість стійок та елементів кріплення а відповідно загальну масу глибокорозпушувача. Загальний вигляд розробленої конструкції глибокорозпушувача представлено на рис. 3.1.

Робота глибокорозпушувач відбувається наступним чином. За допомогою регулятора 10 налаштовуємо необхідну глибину розпушування. Опустивши знаряддя та перевівши навісний агрегат трактора в плаваючий режим розпочинаємо рух машино-тракторного агрегата. Завдяки опорним колесам 9 відбувається дотримання заданої глибини за рахунок копіювання рельєфа ділянки. Рухаючись верхні стрільчасті лапи 6 першого ряду підрізають бур'яни і розпушують верхню частину ґрунту одночасно з цим стійки 5 глибокорозпушувача за допомогою долота 7 виконують руйнування нижніх шарів ґрунту. Стійки 5 з стрільчастими лапами 6 другого ряду глибокорозпушувача виконують рихлення ґрунту та зрізання бур'янів з вирівнюванням гребенів, що утворилися після робочих органів першого ряду

глибокорозпушувачів і завершують процес розпушування та вирівнювання голчасті котки 4. По завершенню роботи навісний глибокорозпушувач за допомогою гідросистеми навісного механізму піднімаємо в транспортне положення.



a



б

Рис. 3.1. Конструктивна схема навісного глибокорозпушувача

1 – приєднувальний трикутник; 2 – підвіска котка; 3 – рама; 4 – голчастий коток; 5 – стійки; 6 – стрічасті лапи; 7 – розпушувач з долотом; 8 – важіль; 9 – опорні колеса; 10 – регулятор висоти

Для агрегування глибокорозпушувача з максимальною глибиною обробки 45 см використовуємо трактори з тяговим зусиллям не менше 20 кН. Загальна ширина захвату глибокорозпушувача ГР-5А складає 2 м

Розроблена конструкція глибокорозпушувача з додатковим встановленням культиваторних лап на задану глибину дозволяє виконувати ґрунтоборобні операції основного обробітку ґрунту після збирання врожаю а також в весняний період для передпосівної підготовки ґрунту за умови зняття долот 7 та встановлення замість них лап з перекриттям на глибину обробітку не більше 16 см

Використання запропонованої конструкції культиватора дозволить відновити баланс природньої екосистеми ґрунту, що повинно покращити процес вирощування сільськогосподарських культур в цілому. Для встановлення конструктивно-технологічних параметрів глибокорозпушувача та його міцності виконаємо розрахунки з урахуванням технічного завдання і вихідних даних наведених в додатку А.

3.2. Розрахунок конструктивно-технологічних параметрів агрегату

Розрахунок тягового опору глибокорозпушувача

Для забезпечення ефективної роботи глибокорозпушувача необхідно оцінити сумарний тяговий опір робочого органу, що складається з долотоподібної лапи, встановленої на стійці, на якій додатково встановлено стрільчасту лапу для підрізання та розпушування ґрунту на глибині 15 см. Розрахунок виконуємо врахувавши дані в додатку А та наведені нижче:

Вихідні дані:

Глибина ходу долота $h_d = 0,45$ м;

Глибина ходу стрільчастої лапи $h_{\text{д}} = 0,15$ м;

Товщина стійки $b_c = 28$ мм;

Ширина долота $b_d = 40$ мм;

Ширина стрільчатої лапи $b_l = 260$ мм;

Питомий опір ґрунту $q = 55$ кН/м²;

Опір лобового тертя для стійки $C = 25$ кН/м².

Розрахунок виконується за загальноприйнятими стандартними методиками [20-26]

Значення тягового опору долота визначимо за формулою:

$$P_d = q \cdot b_d \cdot h_d = 55 \cdot 0,04 \cdot 0,45 = 0,99 \text{ кН} \quad (3.1)$$

Значення тягового опору стрільчатої лапи визначимо за формулою:

$$P_l = q \cdot b_l \cdot h_l = 55 \cdot 0,26 \cdot 0,15 = 2,14 \text{ кН}. \quad (3.2)$$

Опір, що сприймає стійка лобовою частиною визначимо за формулою:

$$P_c = C \cdot S = C \cdot b_c \cdot h_d = 25 \cdot 0,028 \cdot 0,45 = 0,315 \text{ кН} \quad (3.3)$$

де S – площа лобової поверхні стійки м².

Сумарний опір робочих органів:

$$P_{po} = (P_d + P_l + P_c) \cdot n_{po} = (0,99 + 2,14 + 0,315) \cdot 5 = 17,25 \text{ кН}. \quad (3.4)$$

де n_{po} – кількість стійок з робочими органами, $n_{po} = 5$ шт (додаток А).

Опір коченню опорних сталевих коліс визначимо за формулою:

$$P_{\kappa} = f_{\kappa} \cdot G_{\kappa}, \kappa H \quad (3.5)$$

де: f_{κ} – коефіцієнт опору кочення, приймаємо згідно додатку А, $f_{\kappa}=0,04$;

G_{κ} – навантаження на опорні колеса при масі глибокорозпушувача $m=890$ кг (додаток А) становитиме:

$$G_{\kappa} = m \cdot g = 890 \cdot 9,81 = 8730 \text{ Н або } 8,73 \kappa H. \quad (3.6)$$

Тоді:

$$P_{\kappa} = 0,04 \cdot 8,73 = 0,35 \kappa H.$$

Значення сили на подолання опору підйому:

$$P_{\text{під}} = G_{\kappa} \cdot \sin \alpha = 8,73 \cdot 0,034 = 0,3049 \kappa H \quad (3.7)$$

де α – кут нахилу знаряддя до горизонту, $\alpha=2$ град. (додаток А)

Значення сумарного тягового опору агрегату визначимо за формулою:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{ро}} + P_{\kappa} + P_{\text{під}} = 17,25 + 0,35 + 0,3049 = 17,9 \kappa H. \quad (3.8)$$

Отримані результати доводять, що розроблену конструкцію глибокорозпушувача доцільно агрегатувати з тракторами 2 тягового класу з тяговим зусиллям 20 кН, тобто з тракторами МТЗ-1221, що використовуються в господарстві. Подальші розрахунки виконаємо для визначення основних конструктивних розмірів розміщення стійок з робочими органами як повздовжньому так і поперечному напрямку. Для цього попередньо визначимо

необхідну потужність на гаку трактора за умови підтримання швидкості руху агрегату 2,14 м/с (додаток А) скориставшись формулою [23]:

$$N_z = \frac{P_{заг} \cdot v_a}{\eta} = \frac{17,9 \cdot 2,22}{0,9} = 44,1 \text{ кВт}, \quad (3.9)$$

де v_a – швидкості руху агрегату, м/с

η – коефіцієнт корисної дії трансмісії, $\eta=0,9$ (додаток А).

В роботах науковців кафедри ТСГМ сказано, що такі показники, як енергоефективність і якість обробітку ґрунту діаметрально протилежні між собою. Так підвищення якості обробітку неодмінно веде до зростання енерговитрат і навпаки, тому необхідно прийняти компромісне рішення для реалізації ефективного процесу обробітку ґрунту.

Так науковцями доведено, що значення розпушування ґрунту повинно знаходитися в межах 0,24...0,3 а інший показник, а саме тяговий опір агрегату який є ключовим параметром, що впливатиме на енергоефективність повинен рухатися в сторону мінімального значення. Тоді рівняння, що описує компромісну задачу отримає вигляд:

$$\begin{cases} \varepsilon_0(L, \beta, \gamma, b_c, h_l, h_o) = 0,24 \dots 0,30; \\ P(L, \beta, \gamma, C, \rho, b_c, h_l, h_o, q) \rightarrow \min; \\ L_n > 5 \cdot b_c. \end{cases} \quad (3.10)$$

де L – відстань між стійками першого та другого ряду, м;

L_n – інтервал між стійками в ряду, м;

ε_0 – ступінь розпушування (пористість), 0,24...0,3;

β – кут нахилу стійки в напрямку руху, град

γ – кут нахилу стійки в повздовжньо-вертикальній площині, град;

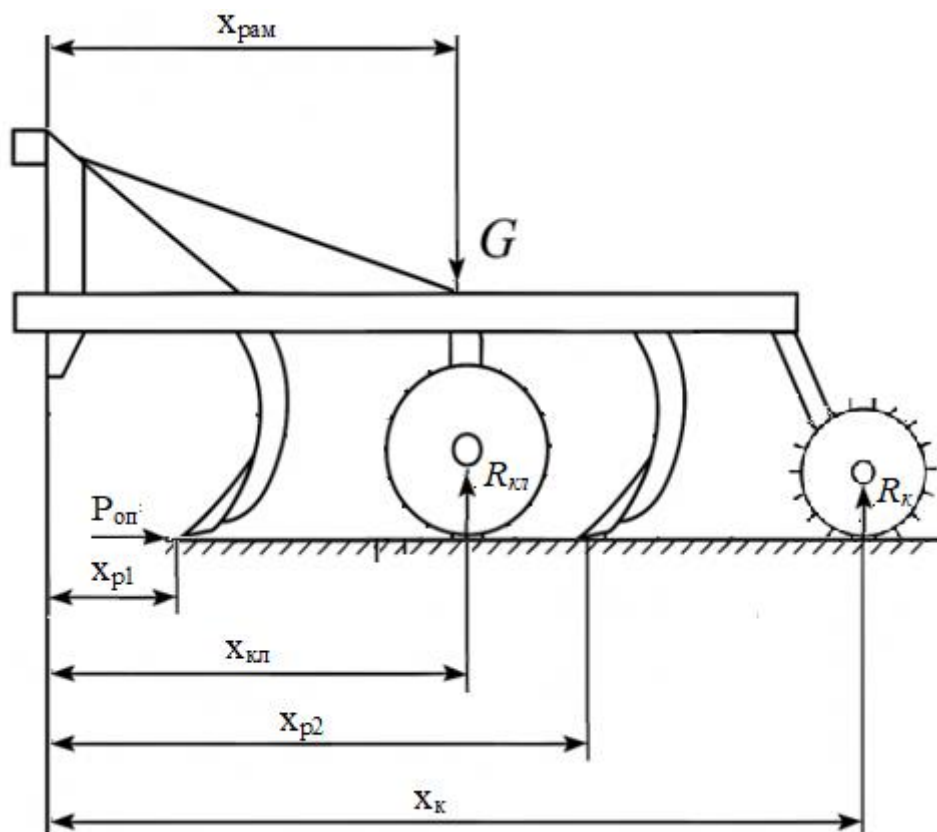


Рис. 3.2. Розрахункова схема

Проведемо розрахунок невідомих (L , L_n , b_c , β та γ), що ввійшли в рівняння вирішення компромісної задачі (3.10) використавши вихідні дані з додатку А та програмний пакет маткад. Результати розрахунків представимо в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку компромісної задачі

Показник	Позн.	Значення
Відстань між рядами стійок, м	L	0,8
Інтервал між стійками першого ряду, м		0,5
Інтервал між стійками другого ряду, м		
Товщина стійки, м		0,016
Кут заточки долота, град	α	25
Кут нахилу стійок в поздовжній площині, град.	γ	30
Ступінь розпушування (пористість)	ε_0	0,25
Тяговий опір однієї стійки з долотом та стрілкою лапою,кН	P	3.44

Розрахунок стійкості агрегату та розташування опорних коліс

Розрахунок розпочнемо з визначення відстані розташування опорних коліс l_k для цього вирішимо рівняння рівноваги агрегату, який має два ряди стійок з робочими органами та розміщеним позаду голчастим котком, врахувавши конструктивні параметри та основні сили і реакції, що діятимуть на елементи ґрунтообробного агрегату наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 –Параметри основних елементів агрегату

Елементи	Кількість	Відстань від навіски, м	Маса, кг
Робочі органи (ряд 1)	2	0,4	81
Робочі органи (ряд 2)	3	1,2	121,5
Голчастий коток	1	1,6	80
Рама	1	1,0	410,4
Опорні колеса	2	1,3	97,1
Загальна маса	-	-	890

Значення координат x центра маси агрегату знайдемо за рівнянням:

$$x_{cm} = \frac{m_{p1} \cdot x_{p1} + m_{p2} \cdot x_{p2} + m_k \cdot x_k + m_p \cdot x_p + m_{кл} \cdot x_{кл}}{m}, \text{ м} \quad (3.11)$$

де m_{p1} , m_{p2} , m_k , $m_{рам}$, $m_{кл}$, m – відповідно маса робочих органів розміщених на першому ряду та другому ряду, маса голчастого котка, маса рами, опорних коліс та загальна маса глибокорозпушувача, кг згідно таблиці 3.2;

X_{p1} , X_{p2} , X_k , $X_{рам}$, $X_{кл}$ - відповідно відстань від навіски до робочих органів розміщених на першому ряду та другому ряду, відстань до голчастого котка, до центра мас рами, відстань до опорних коліс, м згідно табл. 3.2

Підставимо значення в рівняння 3.11:

$$x_{цм} = \frac{81 \cdot 0,4 + 121,5 \cdot 1,2 + 80 \cdot 1,6 + 410,4 \cdot 1,0 + 97,1 \cdot 1,3}{890} = 1,067 \text{ м.}$$

На наступному етапі визначимо відстань від точки агрегування до розміщення опорних коліс. Для цього скористаємося рівнянням моментів, що виникають відносно точки агрегування при переміщенні глибокорозпушувача:

$$\sum M_O = G \cdot x_{цм} + M_{оп} = R \cdot l_k \quad (3.12)$$

де l_k – відстань до опорного колеса, м;

$M_{оп}$ – момент опору відносно точки навіски, Нм.

Значення моменту опору відносно навіски визначимо за тяговим опором, що створюють робочі органи агрегату та плече, яке відповідно дорівнюватиме глибині обробітку ґрунту.

$$M_{оп} = P \cdot n \cdot h = 3,44 \cdot 5 \cdot 0,45 = 7,74 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.13)$$

де P – тяговий опір робочого органу, кН згідно табл. 3.1;

n – кількість робочих органів, $n=5$ шт. (додаток А)

h – глибина обробітку ґрунту робочими органами, $h=0,45$ м (додаток А).

Виконавши математичні перетворення виразу 3.12 визначимо відстань розміщення опорних коліс відносно навіски трактора за рівнянням:

$$l_k = \frac{G \cdot x_{цм} + M_{он}}{G} = \frac{8730,9 \cdot 1,0676 + 7,74}{8730,9} = 1,068 м \quad (3.14)$$

де G – вага агрегату, Н;

$$G = m \cdot g = 890 \cdot 9,81 = 8730,9 \text{ Н}, \quad (3.15)$$

Тоді:

$$l_k = \frac{8730,9 \cdot 1,0676 + 7,74}{8730,9} = 1,068 м. \quad (3.16)$$

На наступному етапі розрахунку проведемо уточнені розрахунки відстані між першим та другим рядами робочих органів з урахуванням особливостей процесу деформації ґрунту (рис. 3.3).

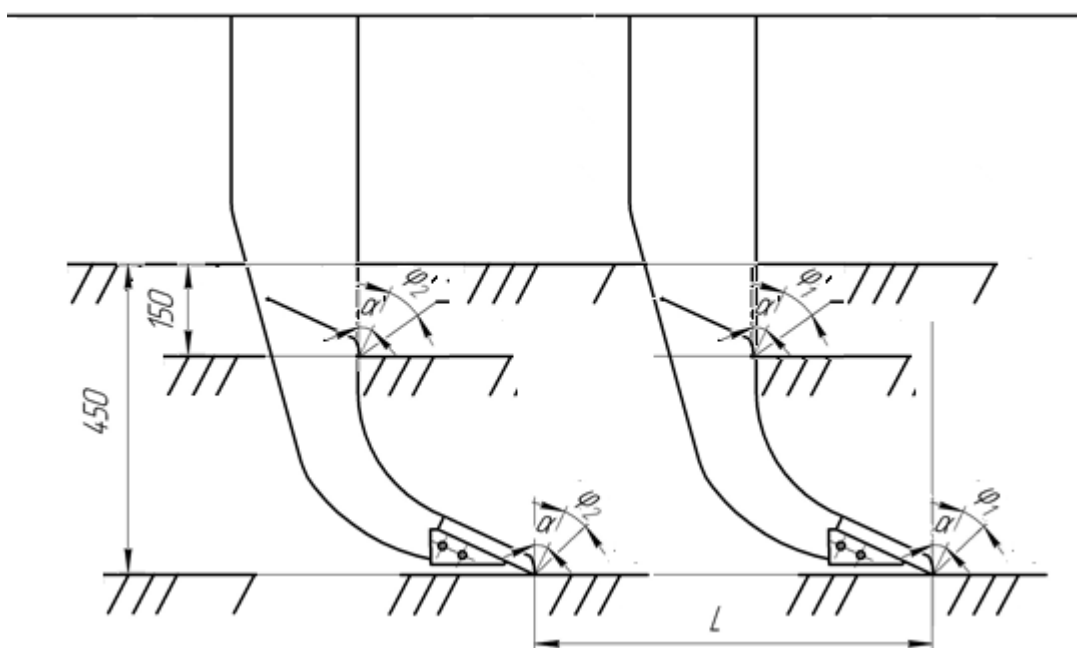


Рис. 3.3. Схема розташування робочих органів

Згідно теорії роботи клина [21, 22], врахувавши особливості руйнування сколюванням ґрунту яке відбувається в площині, що розташовується симетрично силі R , сили тертя F та нормальної сили N . Значення кута слідів сколу для ґрунтів Дніпропетровщини становить 46...57 градусів.

Значення відстані між першим і другим рядами з урахуванням кута сколу шарів ґрунту визначимо за рівнянням:

$$L_p = l + h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1). \quad (3.17)$$

де h – глибина обробітку, м;

α – кут заточки долот стійок, град згідно додатку А $\alpha=24$ град.;

φ_1 – кут зовнішнього тертя, град. згідно додатку А $\varphi_1=20$ град.

Тоді:

$$L_p = 0,07 + 0,45 \operatorname{tg}(24^\circ + 20^\circ) = 0,50 \text{ м.}$$

Отже умова виконується розраховане значення відстані між першим і другим рядом відповідає прийнятому $L_p = L$.

3.3. Розрахунок продуктивності агрегату

Продуктивність глибокорозпушувача характеризує його здатність обробляти певну площу поля за одну годину роботи [25, 26]. Вона залежить від ширини захвату машини, робочої швидкості руху агрегату та ефективності використання змінного часу. Для її визначення застосовується розрахункова формула:

$$W_a = 0,36 \cdot v_a \cdot B_p \cdot \tau = 0,36 \cdot 2,14 \cdot 2 \cdot 0,87 = 1,34 \text{ га / год} \quad (3.18)$$

де B_p – ширина захвату глибокорозпушувача, $B_p = 2$ м (додаток А);

τ – коефіцієнт використання часу, $\tau = 0,87$ (додаток А).

3.4. Розрахунок на міцність стійки з робочими органами глибокорозпушувача

Розрахунок стійки на міцність виконується з метою перевірки її здатності витримати згинальні навантаження, що виникають під час виконання операції розпушування. Враховуються основні експлуатаційні сили: опір ґрунту, глибина обробітку, геометричні характеристики перерізу та допустимі напруження матеріалу згідно додатку А, та попередньо проведених розрахунків.

Отже основні параметри для розрахунку:

Товщина стійки $b_c=28$ мм;

Глибина обробітку (плече згину) $h=0,45$ м;

Сила опору ґрунту робочими органами та стійкою $P_{оп}=3,44$ кН;

Матеріал – сталь 45;

Допустиме напруження на згин $\sigma_{доп}=200$ МПа= $200 \cdot 10^6$ Па

Розрахунок згинального моменту [27, 28]. Так як стійка під час роботи зазнає згину внаслідок дії опору ґрунту, прикладеного на глибині обробітку визначимо значення моменту на згин за формулою:

$$M_{зг} = P_{оп} \cdot h = 3440 \cdot 0,45 = 1548 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.20)$$

Графічно дію сили на стійку з робочими органами та моменту наведено на рисунку 3.4.

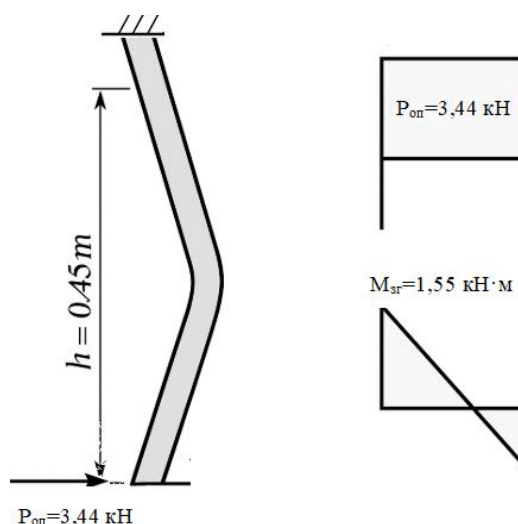


Рис. 3.4. Розрахункова схема

Визначення розмірів мінімального поперечного перерізу стійки

Вважаємо, що стійка має прямокутний переріз зі заданою товщиною і невідомою шириною L_c .

Згинальне напруження визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}} \cdot y}{j}, \text{МПа} \quad (3.21)$$

де: y – відстань від нейтральної осі до крайньої точки перерізу м;

$$y = \frac{b_c}{2} = \frac{0,028}{2} = 0,014 \text{ м.} \quad (3.22)$$

j – момент інерції прямокутного перерізу:

$$j = \frac{L_c \cdot b_c^3}{12}, \text{м}^4 \quad (3.23)$$

Тоді мінімально допустиме значення ширини стійки знайдемо провівши математичні перетворення рівняння 3.21 та отримавши формулу:

$$L_c = \frac{6 \cdot M_{\text{зг}}}{b_c^2 \cdot \sigma_{\text{доп}}} = \frac{6 \cdot 1548}{0,028^2 \cdot 200 \cdot 10^6} = 0,06 \text{ м} \quad (3.24)$$

Значення площі перерізу визначимо за формулою:

$$A_c = b_c \cdot L_c = 0,028 \cdot 0,06 = 1,658 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (3.25)$$

Для забезпечення міцності та надійності стійки під час обробітку ґрунту на глибині 0,45 м із зусиллям 3,44 кН, необхідно застосовувати стійку з прямокутним перерізом мінімальними розмірами 28×60 мм. Такий переріз забезпечує допустимий рівень напружень і має достатній запас міцності.

3.5. Висновки

1. У результаті проведеного аналізу розроблено конструкцію навісного глибокорозпушувача з комбінованими робочими органами, що забезпечує ефективне розпушування ґрунту на глибину до 45 см із одночасним обробітком верхнього шару.

2. На основі технічного аналізу виявлено, що однією з основних проблем традиційних глибокорозпушувачів є нерівномірне руйнування ґрунту, підвищене енергоспоживання та надмірна маса конструкції. Запропонована компоновка з двома рядами стійок, обладнаними долотами та стрільчастими лапами, а також завершальним голчастим котком, дозволяє забезпечити послідовне подрібнення та вирівнювання ґрунту з покращенням якості обробітку.

3. Проведено розрахунок тягового опору кожного робочого органа з урахуванням сили опору долота, стрільчастої лапи та лобової частини стійки. Сумарний тяговий опір п'ятистійкового агрегату дозволяє агрегування з тракторами 2 тягового класу (зокрема МТЗ-1221), що відповідає умовам експлуатації в господарстві.

4. На основі принципу рівноваги було визначено координату центра мас агрегату та розраховано положення опорних коліс. За отриманими даними, відстань від точки приєднання агрегату до точки дії опорної реакції становить приблизно 1,068 м. Такий розподіл мас гарантує надійне копіювання рельєфу поля та рівномірну глибину обробітку.

5. Здійснено перевірку міцності стійки як ключового елемента, що сприймає основне навантаження. За результатами розрахунку згинального моменту та напруження, встановлено, що при дії опору ґрунту в 3,44 кН та глибині обробітку 0,45 м, мінімальні геометричні розміри стійки мають становити 28×60 мм. Такий переріз гарантує допустимий рівень напружень у межах міцності сталі 45 з запасом надійності.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві

Організація охорони праці в сільськогосподарському господарстві є ключовою складовою безпечного виробничого процесу. Стан охорони праці залежить від рівня технічного оснащення, кваліфікації персоналу, наявності засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), дотримання трудового законодавства та ефективності адміністративного контролю. У господарстві функціонує служба охорони праці, яка здійснює організаційно-розпорядчі, навчально-інформаційні та контролюючі заходи.

Останні аналізи виробничого травматизму свідчать, що найбільша кількість нещасних випадків трапляється під час роботи з сільськогосподарськими машинами, обслуговуванням гідравлічних систем, при зчепленні агрегатів та виконанні вантажно-розвантажувальних робіт. Основними чинниками ризику є: невиконання інструкцій з охорони праці, незадовільний технічний стан обладнання, недотримання правил експлуатації техніки, відсутність відповідних ЗІЗ та недостатній рівень навчання персоналу.

Встановлено, що у 40% випадків травмування пов'язане з незахищеними рухомими частинами машин і механізмів, у 25% — із падінням працівників під час виконання технологічних операцій, у 15% — із ураженням електричним струмом при порушенні вимог техніки безпеки. Крім того, частими є випадки перевтоми працівників через надмірне фізичне навантаження, що зумовлено сезонністю робіт і недостатньою механізацією окремих процесів.

Санітарно-гігієнічні умови в більшості виробничих приміщень потребують поліпшення: часто спостерігається недостатнє природне освітлення, підвищений рівень шуму та запиленості, застарілі системи вентиляції. Робочі місця, особливо ті, що пов'язані з ремонтом і технічним обслуговуванням, не завжди

відповідають ергономічним нормам, що призводить до професійних захворювань і зниження продуктивності праці.

Попри те, що в господарстві проводяться періодичні інструктажі (вступний, первинний, повторний, позаплановий), охоплення персоналу інструктажами становить близько 80%, що недостатньо. Частина новоприйнятих працівників не проходить навчання з безпечного користування спецтехнікою або отримує лише теоретичні знання без практичного закріплення навичок.

Аналіз технічного стану машинного парку свідчить про високий ступінь зношеності техніки — понад 60% машин експлуатуються більше 10 років. Часті витoki мастил і пального, порушення герметичності гідросистем, відсутність захисних елементів підвищують ризики виникнення аварійних ситуацій та забруднення навколишнього середовища. Неналежний технічний стан також впливає на рівень викидів шкідливих речовин у повітря, особливо при використанні дизельної техніки.

У господарстві є загальний план заходів з охорони праці, але його реалізація часто обмежена фінансовими ресурсами. Відсутні сучасні інструменти контролю (датчики навантаження, система відеоспостереження, GPS-контроль за технікою), що знижує оперативність реагування на небезпечні ситуації. Екологічна політика також має декларативний характер і не супроводжується конкретними технічними рішеннями для зменшення впливу сільськогосподарського виробництва на довкілля.

Таким чином, стан охорони праці в господарстві можна оцінити як задовільний з окремими критичними аспектами, що потребують термінового удосконалення. Основна увага має бути зосереджена на оновленні техніки, впровадженні сучасних ЗІЗ, навчанні персоналу, автоматизації контролю та створенні безпечних умов праці відповідно до сучасних стандартів.

4.2. Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві

Поліпшення умов праці є одним із пріоритетних напрямів діяльності сучасного сільськогосподарського підприємства. У господарстві здійснюється комплексна робота, спрямована на створення безпечного та комфортного середовища для працівників. Одним із головних заходів є впровадження регулярних інструктажів з охорони праці, які проводяться у формі вступного, первинного, повторного та позапланового навчання. Це дозволяє підтримувати високий рівень обізнаності працівників щодо правил безпеки.

Значну увагу приділяють забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), до яких належать спецодяг, захисні рукавиці, каски, респіратори та окуляри. Закупівля ЗІЗ здійснюється централізовано, з урахуванням специфіки кожної професії та умов роботи. Працівники, зайняті на механізованих процесах, отримують додаткові засоби захисту органів слуху та зору.

Важливим напрямом є організація планових медичних оглядів, що дозволяє виявляти професійні захворювання на ранніх стадіях. Працює система контролю за дотриманням санітарно-гігієнічних вимог у приміщеннях: регулярне прибирання, провітрювання, наявність питної води, місць для відпочинку та приймання їжі.

Підвищення безпеки досягається також шляхом модернізації технічних засобів — застосування техніки з покращеними ергономічними властивостями, оснащеної сучасними системами контролю та безпеки. Регулярно проводиться технічний огляд машин і обладнання з метою попередження аварійних ситуацій та техногенних ризиків.

У господарстві функціонує внутрішній аудит стану охорони праці, результати якого аналізуються на нарадах керівництва, що дозволяє оперативно приймати рішення щодо вдосконалення умов праці. Таким чином, системний підхід до питань охорони праці сприяє не лише зменшенню рівня виробничого

травматизму, а й підвищенню мотивації працівників та загальної ефективності господарства.

4.3. Інструкція з охорони праці при експлуатації розробленого глибокорозпушувача

Інструкція з охорони праці під час експлуатації глибокорозпушувача в агрегаті з трактором є обов'язковим документом, який регламентує вимоги безпеки для операторів і обслуговуючого персоналу. Основна мета інструкції — запобігання нещасним випадкам, збереження здоров'я працівників і забезпечення належного технічного стану агрегатів.

1. Загальні положення Інструкція поширюється на всіх працівників, які залучені до підготовки, експлуатації, технічного обслуговування та транспортування глибокорозпушувача. До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці, перевірку знань та мають відповідну кваліфікацію.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

- Провести зовнішній огляд глибокорозпушувача: перевірити кріплення, з'єднання, відсутність пошкоджень.
- Перевірити технічний стан трактора, наявність захисних кожухів, працездатність гальмівної системи.
- Переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні агрегування.
- Перевірити рівень мастила, палива, робочих рідин, герметичність гідросистем.

3. Вимоги безпеки під час роботи

- Використовувати справні засоби індивідуального захисту (спецодяг, взуття, рукавиці, захисні окуляри).
- Забороняється регулювати або ремонтувати глибокорозпушувач на ходу.

- Під час розворотів уникати різких маневрів для запобігання перекиданню агрегату.
- Не залишати трактор без нагляду із працюючим двигуном.
- При виявленні несправностей негайно зупинити роботу та повідомити відповідальну особу.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

- Очистити робочі органи глибокорозпушувача від ґрунту та рослинних залишків.
- Провести зовнішній огляд на предмет пошкоджень.
- Поставити агрегат на рівну поверхню, зняти навантаження з гідросистем.
- Здійснити технічне обслуговування згідно з графіком.

5. Надзвичайні ситуації

- У випадку аварії — зупинити роботу, вимкнути двигун, викликати допомогу.
- При ураженні електричним струмом — надати першу допомогу, викликати медиків.
- У випадку пожежі — використати вогнегасник, повідомити пожежну службу.

Дотримання вимог цієї інструкції є обов'язковим для всіх працівників і сприяє створенню безпечних умов праці, зниженню ризиків травмування та підвищенню ефективності сільськогосподарських робіт.

4.4. Захист навколишнього середовища при експлуатації розробленого глибокорозпушувача

Експлуатація глибокорозпушувача супроводжується впливом на навколишнє середовище, тому важливо дотримуватися заходів, які мінімізують цей вплив. Серед основних екологічних аспектів — вплив на ґрунт, атмосферу, водні ресурси та рослинність.

Одним із пріоритетних напрямів *є раціональне використання паливно-мастильних матеріалів*. Регулярне технічне обслуговування трактора та агрегатів дозволяє знизити витрати пального і кількість викидів шкідливих речовин у повітря. Особливу увагу необхідно приділяти стану паливної системи, щоб уникати витоків і випаровування.

Зменшення навантаження на ґрунт забезпечується правильним налаштуванням робочих органів глибокорозпушувача. Дотримання оптимальної глибини обробітку та рівномірності руху дозволяє уникнути руйнування ґрунтової структури та запобігає ерозії. Важливо також не допускати роботи техніки під час надмірної вологості, щоб зменшити ущільнення ґрунту.

Охорона водних ресурсів передбачає уникнення роботи поблизу відкритих водойм, а також недопущення стікання паливно-мастильних речовин. У місцях проведення технічного обслуговування повинні бути передбачені ємності для збору відпрацьованих рідин та фільтри для очищення води.

Загалом дотримання екологічних норм при експлуатації глибокорозпушувача забезпечує не лише збереження природного середовища, а й підтримання сталості агроєкосистем.

4.5. Висновки

Розроблений комплекс заходів з охорони праці та захисту навколишнього середовища при використанні глибокорозпушувача дозволяє створити безпечні умови праці та мінімізувати негативний вплив на довкілля. Аналіз стану охорони праці в господарстві показав потребу в системних змінах: модернізації техніки, посиленому контролі, впровадженні ЗІЗ та навчальних програм. Запропоновані заходи сприяють підвищенню ефективності праці, зниженню травматизму та покращенню загального екологічного стану. Таким чином, забезпечується не лише збереження життя та здоров'я працівників, а й відповідність аграрного виробництва принципам сталого розвитку.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1. Розрахунок економічних показників проекту

У сучасних умовах господарювання ефективність сільськогосподарської техніки визначається не лише її технічними характеристиками, а й економічною доцільністю застосування. Глибокорозпушувач як енергозасіб ґрунтообробної техніки виконує важливу функцію підвищення родючості ґрунту шляхом руйнування плужної підшви та покращення водно-повітряного режиму. Однак перед впровадженням нової конструкції в серійне виробництво або експлуатацію необхідно провести детальний аналіз її економічної ефективності.

У цьому розділі наведено розрахунок основних економічних показників роботи глибокорозпушувача, розробленого в межах дипломного проекту. Оцінка охоплює порівняння витрат на виготовлення та експлуатацію агрегату з наявними аналогами, а також аналіз його окупності за рахунок підвищення продуктивності та зниження енерговитрат. Такий підхід дозволяє обґрунтувати доцільність застосування даної машини в реальних умовах господарства та визначити перспективи її впровадження у виробництво.

Економічну ефективність від впровадження розробленого глибокорозпушувача ГР-5А визначимо за загальноприйнятими методиками [31] з використанням порівняльного аналізу для базового та проектного варіантів. Для проведення розрахунків приймемо вихідні дані наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані базового та проектного варіантів

Показники	Позн.	Базовий	Проектний
Склад машино-тракторного агрегату	-	МТЗ-1221 + ГР-5	МТЗ-1221 + ГР-5А
Агротехнологічна операція	-	Основний обробіток грунту	Основний обробіток грунту
Площа обробітку агрегатом га/рік	S	170	170
Маса агрегата, кг	m_c	1100	890
Ширина захвату агрегату, м	B_p	2	2
Вартість агрегату, грн	B	162000	158600
Кількість стійок, шт	nc	5	5
Робоча швидкість агрегату, км/год	V_p	6,3	7
Годинна тарифна ставка, грн	C	116	116
Вартість пального, грн/кг	$\mathcal{C}$	49,8	49,8
Витрати пального на один гектара, кг/га	$B_{\mathcal{C}nmm}$	19,8	19,3
Витрати ПММ на всю площу обробітку, кг	B_{3nmm}	3366	3281
Кількість працівників що обслуговують машину, люд	N	1	1
Тривалість зміни, год	T	10	10

Розрахунок розпочинаємо зниження експлуатаційних витрат для двох варіантів за формулою:

$$Ec = (BP_1 - BP_2) \cdot Z_a \quad (5.1)$$

де E_c – економічний ефект, грн;

Z_a – завантаження агрегату протягом року, год/рік.

BP_1 та BP_2 – відповідно приведені витрати для проектного та базового варіанту глибокорозпушувачів, грн

Приведені витрати складаються з витрат на експлуатацію:

$$BP = EB \quad (5.2)$$

де EB – витрати на експлуатацію агрегата, грн/га;

Продуктивність агрегату:

$$W_\tau = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (5.3)$$

де τ – коеф. ефективності використання часу зміни, 0,85;

Витрати на експлуатацію агрегата:

$$EB = BO + A + TP + BP + I, \quad (5.4)$$

де: BO – оплата праці працівникам, грн;

A – амортизація, грн;

TP - поточний ремонт та техогляди, грн;

BP – енергоресурси, грн;

I – інші витрати, грн.

Оплата праці працівників:

$$BO = \Phi O + 0,23 \cdot \Phi O, \quad (5.5)$$

де: ΦO – фонд оплати праці, грн. (за рік);

Фонд оплати праці:

$$\Phi O = T \cdot N \cdot Z_A \cdot C, \quad (5.6)$$

де: N – чисельність працівників, чол;

Z_A – завантаженість агрегату, днів/рік.

C – тарифна ставка, грн/год.

T – тривалість зміни, год;

Амортизаційні відрахування на експлуатацію визначаємо за формулою:

$$A = \frac{B_m \cdot \alpha \cdot T \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z_k \cdot T} \quad (5.7)$$

де: B_m – вартість агрегату балансова, грн;

α – норма відрахувань амортизація, 15%.

T – тривалість зміни, год.

D – завантаженість агрегату протягом року, год/рік;

Z_k – кількість змін, приймаємо одну;

T – тривалість зміни, год.

Витрати поточний ремонт та ТО:

$$T = \frac{B_m \cdot p \cdot T \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z_k \cdot T} \quad (5.8)$$

де: p – відрахування на ремонти та ТО, $p=10\%$.

Витрати на енергоресурси:

$$BP = Bz_{пмм} \cdot Ц, \quad \text{грн} \quad (5.9)$$

де $Bz_{пмм}$ – витрати ПММ на всю площу, кг;

$Ц$ – вартість ПММ грн/кг, приймаємо 49,8 грн/кг.

Інші витрати:

$$IB = \frac{B_{on} + A + T + B_{pec}}{100} \cdot 5, \quad (5.10)$$

Для визначення терміну окупності додаткових капітальних вкладень по проекту, в роках, скористаємося наступною формулою:

$$T = \frac{K}{E_c}, \quad (5.11)$$

де: E_c - річний економічний ефект, грн.

K – капіталовкладення

Результати економічного розрахунку за приведеною методикою по двом варіантам для аналізу ефективності зведемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічні показники проекту

№	Показник	Один. вим.	Базовий варіант	Проектний варіант	Різниця (проект – базовий)
1	Машино-тракторний агрегат	–	МТЗ-1221 + ГР-5	МТЗ-1221 + ГР-5А	–
2	Агротехнічна операція	–	Основний обробіток грунту	Основний обробіток грунту	–
3	Площа обробки	га	170	170	0
4	Балансова вартість агрегату	грн	158 600	162 000	3 400
5	Витрати пального	кг/га	19,8	19,3	–0,5
6	Ціна пального	грн/кг	49,8	49,8	0
7	Вартість пального	грн/га	985,0	960,1	–24,9
8	Оплата праці з нарахуваннями	грн/га	77,23	69,61	–7,62
9	Амортизація	грн/га	142,94	139,88	–3,06
10	Поточний ремонт	грн/га	14,29	13,99	–0,3
11	Інші витрати	грн/га	50,00	50,00	0
12	Загальні витрати	грн/га	1 269,46	1 233,48	–35,98
13	Річний економічний ефект з 1 га	грн/га	35,98		
14	Річний економічний ефект загальний	грн	6 116,6		
15	Термін окупності	років	0,56		

5.2. Висновки

Розроблений глибокорозпушувач ГР-5А забезпечує зниження витрат на 35,98 грн/га та річну економію 6 116,60 грн при обробці 170 га. Завдяки меншій вартості та кращій продуктивності термін окупності становить лише 0,56 року. Це підтверджує економічну доцільність впровадження проектного варіанта в господарську діяльність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі виконано комплексне обґрунтування удосконалення механізації основного обробітку ґрунту шляхом розробки конструкції глибокорозпушувача. Проведено аналіз діяльності ПП «Агровест-Україна», де рівень механізації досягає 95%.

2. У результаті аналізу сучасних технологій обробітку ґрунту встановлено, що глибокорозпушування є ефективною альтернативою оранці. Воно забезпечує руйнування ущільнених горизонтів без перевертання пласта, покращує водопроникність та зберігає родючість. Витрати пального при цьому становлять 17–23 л/га, що на 25–30% нижче, ніж при оранці.

3. Розроблено конструктивну схему глибокорозпушувача навісного типу з шириною захвату 2 м і робочою глибиною до 45 см. Робочі органи вигнуті долотоподібні лапи забезпечують рівномірне розпушення ґрунту та зниження тягового опору. Проведені інженерні розрахунки рами, стійок і робочих органів показали відповідність міцнісним вимогам, а також оптимізацію геометричних параметрів для агрегаткування з тракторами тягового класу 20 кН.

4. У розділі охорони праці визначено основні ризики експлуатації, запропоновано заходи безпеки та умови захисту працівників при роботі з агрегатом.

5. Розроблений глибокорозпушувач ГР-5А забезпечує зниження витрат на 35,98 грн/га та річну економію 6 116,60 грн при обробці 170 га. Завдяки меншій вартості та кращій продуктивності термін окупності становить лише 0,56 року. Це підтверджує економічну доцільність впровадження проєктного варіанта в господарську діяльність, очікуване підвищення врожайності культур до 7%.

Таким чином, реалізація нової конструкції глибокорозпушувача забезпечує ефективний, енергозберігаючий та екологічно безпечний обробіток ґрунту з високими агротехнічними та економічними показниками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: В 3 т. Т.1.Ч.1.: Машини та знаряддя для обробітку ґрунту . – Харків: Око, 2001. – 444с
2. Алєєв Б.А. Технологія і техніка для глибокого розпушування переуцільнених ґрунтів // Трактори і сільськогосподарські машини. - 2005. - № 2. - С. 24- 26.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. — К.: Мета, 2003. — 448 с.: іл. ISBN 966-7947-06-8
4. Звітна документація ПП «Агровест-Україна» за 2022-2024 рік.
5. Загальне землеробство [Текст] : підручник для підготовки фахівців в аграрних вищих навчальних закладах II-IV рівнів акредитації з напрямку "Агрономія" / В. О. Єщенко [та ін.] ; ред. В. О. Єщенко. - К. : Вища освіта, 2004. - 336 с
6. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін.; за ред. Д. Г. Войтюк. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
7. Ситник, В. П. Обробіток ґрунтів в Україні: плужний, мінімальний, нульовий ? [Текст] / В. П. Ситник, В. В. Медведєв // Вісник аграрної науки : журнал. - 2007. - №2. - С. 5-12
8. Основні технології обробітку ґрунту.
<https://propozitsiya.com/ua/osnovni-tehnologiyi-obrobitku-gruntu>
9. No-till технології. Конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” напрямку підготовки 6.090101 “Агрономія” / Я.Г. Цицюра; Він. нац. аграр. ун-т. – Вінниця: ВНАУ, 2017 – 178 с.
10. Танчик, С. Основні напрями розвитку землеробства в Україні [Текст] / С. Танчик // Пропозиція : Київ, 2008. - №10. - С. 50-56

11. Наукові підходи до оптимізації провідних ланок у системі землеробства Полісся [Текст] // Вісник аграрної науки : журнал. - 2011. - №2. - С. 5-9
12. Глибокорозпушувач ФРАНК-2,5 LOZOVAMACHINERY.
<https://lozovamachinery.com/ua/product/franc-25-glibokorozpusuvac-frank-25>
13. TERRALAND TN_PROFI як чизельний плуг і професійний глибокорозпушувач. https://www.bednar.com/uk/terraland-tn_profi/
14. Причіпний глибокорозпушувач ГПП-5М. <https://avers-agro.com.ua/tmp/cache/images/42/ae8/42ae8a0619acd35cc455189fbc124d5.jpg>
15. Напівпричіпний глибокорозпушувач Ecolo-tiger-530
https://agroalyans.com.ua/tekhnika/sejalki/230/case-ih-dmi-ecolo-tiger-530-detail.html?srsId=AfmBOop0k1vLfXkGcQf_bkGHo4nc_Xt4bxEt7Jw9fnleYKxcQ9bsg4Dn
16. Глибокорозпушувач з стійкою і лемішем вигнутої форми пат. №1545953.
17. Глибокорозпушувача із стійками парашлау пат. №1724036
18. Стрілчаста лапа SMART PART для техніки Koeckerling.
https://selm.com.ua/brand/smart%20part?srsId=AfmBOooJZVgQM9ieR9vuR1e7S4q4JkA1DHTMxsxCegRd74_MbULzBPr0
19. Комбінована стрільчата лапа глибокорозпушувача Bomet Mensa.
<https://www.bomet.pl/Subsoilers-working-depth-to-65-cm-Mensa.html>
20. Шмат К.І. Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів [Текст]: навч. посіб. / Шмат К. І., Сисолін П. В, Самарін О. Є. та ін. - Херсон : ОЛДІ-плюс, 2004. - 176 с.
21. Математична модель взаємодії рухомого клина з ґрунтом / А.С. Кобець, М.М. Науменко, С.П. Сокол, А.М. Пугач // Наук. вісник НУБіП України. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 1. – С. 43–50.

22. Кобець А.С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин : практикум / Кобець А.С., Кобець О.М., Пугач А.М. – Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2011. – 164 с.

23. Швець В.Б., Гинзбург Л.К., Гольдштейн В.М. Довідник з механіки і динаміки ґрунтів / Під. ред. Швеця В.Б. – К.: Будівельник, 1997. – 232 с.

24. Панченко А.Н.. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. – Днепропетровск.: ДГАУ, 1999. – 140 с.

25. Писаренко Г.С. Довідник з опору матеріалів / Г.С.Писаренко, А.П. Яковлєв, В.В.Матвєєв. - Київ: Наук. Думка, 1988. - 736 с.

26. Bathe K. J. Finite Element Procedures in Engineering Analysis. – New Jersey: Prentice-Hall, 1982. – 735 p.

27. Технічна механіка (складові загальноінженерної компетентності): Навч. посібник / В. І. Мороз, О. В. Братченко, В. І. Громов та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 135 с., рис. 41, табл. 4.

28. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001.- 384с.

29. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.

30. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

31. Шпилько О.В. Методика визначення економічної ефективності технології та сільськогосподарської техніки / А.В. Шпилько, В.І. Драгай. – К.: ВНДІЕСТ, 1998. - 219 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані для розрахунку глибокорозпушувача

Показник	Позн	Значення
Глибина ходу долота	h_d	0,45 м
Глибина ходу стрільчатої лапи	h_l	0,15 м
Товщина стійки	b_c	28 мм
Ширина долота	b_∂	40 мм
Ширина стрільчатої лапи	b_l	260 мм
Питомий опір ґрунту	q	55 кН/м ²
Опір лобового тертя для стійки	C	25 кН/м ² .
Коефіцієнт опору кочення	f_k	0,04
Маса глибокорозпушувача	m	890 кг
Кут нахилу знаряддя до горизонту	α	2 град
Швидкість руху агрегату	v_a	2,14 м/
Коефіцієнт корисної дії трансмісії	η	0,9
Кількість робочих органів	n	5 шт.
Глибина обробітку ґрунту робочими органами	h	0,45 м
Кут заточки долот стійок	α	24 град
Кут зовнішнього тертя	φ_1	$\varphi_1=20$ град.

Додаток Б
Технічна характеристика глибокорозпушувача ГР-5

№	Параметр	Значення
1	Тип машини	Навісний глибокорозпушувач
2	Агрегатування	З тракторами тягового класу 2.0 (наприклад, МТЗ-1221)
3	Робоча ширина захвату, м	2,2 – 2,5
4	Кількість робочих органів (стійок), шт	5
5	Глибина розпушування, см	До 45
6	Маса агрегату, кг	Приблизно 1100
7	Робоча швидкість, км/год	5 – 7
8	Продуктивність, га/год	0,9 – 1,2
9	Середня витрата пального, кг/га	18 – 20
10	Конструктивні особливості	Посилена рама, знімні лапи, захист від перевантаження
11	Призначення	Глибоке рихлення ущільнених шарів грунту
12	Переваги	Простота конструкції, надійність, зменшене тягове навантаження

