

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Механіко-технологічний факультет

Допускається до захисту

Завідувач кафедри

сільськогосподарських машин і

системотехніки ім. П.М. Василенка

_____ **Гуменюк Ю.О.**

«_____» _____ 2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

**на тему: «Удосконалення дискової борони в технологіях вирощування ярого
ячменю»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор

Братішко В.В.

Керівник дипломного проекту бакалавра:

Кандидат технічних наук, доцент

Сівак І.М.

Виконав:

Комар В.В.

Київ – 2026

Затверджую:

Завідувач кафедри сільськогосподарських
машин та системотехніки ім. П.М. Василенка

кандидат технічних наук, доцент

Ю.О. Гуменюк

« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проєкту бакалавра

Комару Віталію Васильовичу

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Тема дипломного проєкту бакалавра: «Удосконалення дискової борони в технологіях вирощування ярого ячменю».

Затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026 року № 510 «С».

Термін подання завершеного проєкту на кафедру: 25 квітня 2026 року

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра:

Місце розташування господарства, літературні джерела, нормативні документи.

Перелік питань, які потрібно висвітлити:

Розділ 1. Аналіз виробничого та організаційно-економічного стану господарства

Розділ 2. Обґрунтування механізованої технології вирощування ярого ячменю

Розділ 3. Модернізація дискової борони БДВ-3

Розділ 4. Техніко-економічна ефективність розробки

Розділ 5. Охорона праці та навколишнього середовища

Перелік графічних документів

Аркуш 1.	<i>Загальний вигляд машини</i>
Аркуш 2.	<i>Робочий орган</i>
Аркуш 3.	<i>Технологічна карта вирощування ярого ячменю</i>
Аркуш 4.	<i>Операційна карта</i>
Аркуш 5.	<i>Економічна ефективність</i>
Аркуш 6.	<i>Деталювання</i>

Дата видачі завдання

« 01 » *грудня* 2025_р.

Керівник дипломного проєкту
бакалавра:

Сівак І.М.

Завдання прийняв на виконання:

Комар В.В.

РЕФЕРАТ

Тема проєкту: "Удосконалення дискової борони в технологіях вирощування ярого ячменю".

Науковий керівник: доцент, к.т.н. Сівак Ігор Миколайович.

Виконавець проєкту: Комар Віталій Васильович.

Проєкт складається з пояснювальної записки на 56 аркушах та графічну частину на 6-ти аркушах формату А1.

В першому розділі проаналізовано господарську діяльність ТОВ «Пилипчанське» та визначено потужності господарства, для вирощування ярого ячменю.

У другому розділі обґрунтовано технологію вирощування ярого ячменю та розраховано технологічну карту вирощування вказаної культури

У третьому розділі висвітлено типові конструкції ґрунтообробних робочих органів машин для виконання основного обробітку ґрунту, обґрунтовано конструкцію удосконаленої дискової борони.

Четвертий розділ містить економічні розрахунки модернізованої дискової борони.

П'ятий розділ містить аналіз екологічних аспектів роботи аграрного підприємства та заходи організації охорони праці.

Ключові слова: ГРУНТООБРОБНИЙ АГРЕГАТ, ТЕХНОЛОГІЯ, ЯЧМІНЬ, МАШИННО-ТРАКТОРНИЙ АГРЕГАТ, ОБРОБІТОК, ГРУНТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ ГОСПОДАРСТВА	6
1.1. Загальні відомості про господарство.	6
1.2. Матеріальна база та склад машино-тракторного парку.	8
1.3. Організація технічного обслуговування.	12
РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ	13
2.1. Кормо-харчове значення ярого ячменю та обґрунтування технології його вирощування.	13
2.2. Розробка технологічної карти вирощування ярого ячменю.	17
2.3. Розрахунок технологічних параметрів комплектування машинно-тракторного агрегату.	22
2.4. Організація виконання операції дискування ґрунту.	26
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ БДВ-3	27
3.1. Аналіз конструкцій ротаційних робочих органів ґрунтообробних машин.	27
3.2. Розрахунок робочого органу до модернізованої борони.	37
3.3. Перевірка конструкційної міцності ротаційно-лопатевого робочого органу.	41
РОЗДІЛ 4	45
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ	
РОЗДІЛ 5	50
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
5.1. Вимоги до технічних засобів аграрного виробництва.	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Ключові задачі агровиробництва спрямовані на збільшення обсягів виробленої продукції, підвищенні її якісних показників і зниження собівартості. Виконання цих завдань базується на здобутках науково-технічного процесу, який спрямовує виробництво аграрної продукції на індустріальну основу, з впровадженням комплексної механізації виробничих процесів.

Основними векторами пришвидшення темпів механізації і автоматизації виробничих процесів та поліпшення ефективності застосування аграрної техніки є:

- впровадження підходів комплексної механізації у виробничі процеси;
- впровадження досконалішої системи машин для вирощування та збирання аграрних культур;
- підтримка перспективного розвитку новітніх енергозберігаючих та інтенсивних технологій;
- удосконалення конструкційної будови аграрної спрямованої на створення оптимальних умов вегетації рослини при реалізації технологічних операцій і мінімалізацію показників різних втрат.

Моніторинг сучасних технологій вирощування аграрних культур і технічних засобів для їх реалізації яскраво демонструє потребу впровадження нових технологічних підходів, до виробничих процесів рослинництва.

Отже, метою даного дипломного проєкту є підвищення ефективності вирощування ярого ячменю шляхом удосконалення технологічних процесів основного обробітку ґрунту, з модернізацією конструкції дискової борони.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО СТАНУ ГОСПОДАРСТВА

1.1. Загальні відомості про господарство.

Господарство ТОВ «Пилипчанське» розташоване на території села Пилипча, у північно-західній частині Білоцерківського району Київської області. Територія населеного пункту займає невелику площу. Дорожня мережа, організована у господарстві, сприяє налагодженню партнерського зв'язку із господарствами сусідніх населених пунктів та районним центром. Підприємство спеціалізується на виробництві продукції зернових та технічних аграрних культур.

ТОВ «Пилипчанське» розташоване у зоні Полісся, яка має помірно-континентальні кліматичні умови, достатню вологість, з тривалим помірним літом і помірною зимою. Кліматичні умови цілком задовольняють ефективне функціонування господарства. Максимальний показник середньорічної температури найхолоднішого місяця (січня) знаходиться в межах $-6...-9^{\circ}\text{C}$, а найтеплішого місяця (липня), у межах $+19...+22^{\circ}\text{C}$. Середня кількість опадів сягає значень 400-600 мм.

Кліматичні умови у яких знаходяться потужності господарства дозволяють вирощувати усі аграрні культури, які районовані до даної зони. На всій території господарства має місце змінний рельєф дерново-підзолистих ґрунтів. Джерелом вологого живлення ґрунтового середовища угідь господарства, являються атмосферні опади, також ґрунтові та поверхневі води.

За результатами розрахованого балансу гумусу, та хімічного складу ґрунтового середовища та структури посівних угідь, забезпечення органічними та мінеральними добривами, спостерігається щорічне відновлення показника балансу гумусу, належного хімічно-біологічного складу ґрунту, що позитивно сприяє підвищенню родючих властивостей аграрного земельного фонду.

Земельний фонд господарства в основному представлений слабокислими та нейтральними дерново-підзолистими ґрунтами та торфом. Для оцінення

господарської діяльності ТОВ «Пилипчанське» проаналізуємо склад та структуру земельних угідь (табл.1.1).

Таблиця 1.1.Склад і структура земельних угідь

Показники	2023 рік		2024 рік		2025 рік	
	га	%	га	%	га	%
Загальна земельна площа	3564,6	100	3564,6	100	3564,6	100
В т.ч. с.-г. угідь із них	2432,8	68,38	2432,8	68,38	2432,8	68,38
рілля	2062,3	84,55	2031,6	83,29	1972,1	80,85
сінокоси	220,1	9,29	250,0	10,25	300,5	12,32
пасовища	150,4	6,16	150,4	6,46	160,2	6,83
Багаторічні насадження	120,3	3,36	120,3	3,36	120,3	3,36
Площа лісу	382,5	10,7	382,5	10,7	382,5	10,7
Ставки і водоймища	20,1	0,56	20,1	0,56	20,1	0,56
Присадибні ділянки	608,9	17,0	608,9	17,0	608,9	17,0

Результати аналізу показників (табл.1.1.) вказують на те, що в структурі виробничих угідь ТОВ «Пилипчанське» за останні три роки зміни не відбулися. Питома вага площі аграрних угідь у відношенні, до загальної площі земельних угідь, становить 68,38%. Найбільшу питому вагу в площі аграрних угідь має рілля, її показник становить, в середньому 83,8%.

За рахунок виведення територій, з обробітку, зросла питома вага сінокосів та пасовищ у структурі площ земельного фонду господарства. У загальному, розміри та існуюча структура земельних угідь ТОВ «Пилипчанське» відповідають потребам господарства і задовольняють прибуткову виробничо-господарську діяльність.

Параметри структури посівних площ і урожайність аграрних культур, що вирощуються в господарстві висвітлені у таблиці 1.2.

Показники таблиці 1.2 описують розміри, динаміку і структуризованість полів та показники урожайності аграрних культур, які вирощуються на потужностях господарства.

Таблиця 1.2. Структура посівних площ аграрних культур

Назви культур	2023 рік		2024 рік		2025 рік	
	Площа (га)	Урожайність (ц/га)	Площа (га)	Урожайність (ц/га)	Площа (га)	Урожайність (ц/га)
Вся посівна площа	2065	-	2034	-	1975	-
В т.ч. зернові і зернобобові, всього	-	-	-	-	-	-
озима пшениця	615	21	564	15	775	25
ярі зернові - разом	-	-	-	-	-	-
- пшениця	230	18	150	21	100	20
- ячмінь	200	11	200	8	50	15
- овес	100	9	100	9	100	10
- зернобобові	120	20	100	20	100	10
Озимий ріпак	200	8	220	10	200	15
Картопля	300	80	300	82	350	60
Цукровий буряк	300	180	400	150	300	165

Площа вирощування всіх культур розподілена у межах діючої сівозміни. У структурі вирощування, аграрних культур господарства, перевага надається зерновим культурам та технічним культурам, такі як цукрові буряки, озимий ріпак. Основна частина посівів зернових культур, виділена під озиму пшеницю. З аналізу видно, що картопля і буряк, за структурою посівних площ займають майже рівнозначні площі посівів, що становить, в середньому 15% загальної площі посіву. Урожайність аграрних культур має досить низькі показники в розрізі років, і знаходиться, в середньому на рівні 12%.

1.2. Матеріальна база та склад машино-тракторного парку.

Матеріальна база складається з комплексу будівель і споруд, виробничого обладнання, технічних засобів механізації і контенту. Машинний двір

підприємства складається з двох частин: виробничої і побутової. У першій частині розташовані майстерня, складські приміщення, для зберігання вузлів і деталей, нафтовий склад, газоелектрозварювальна дільниця, майданчики, ангари і бокси для зберігання аграрної техніки і енергетичних засобів.

Функціональність машино-тракторного парку (табл.1.3) є важливою умовою, необхідною для виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Від умов експлуатації, а також необхідної кількості енергетичних засобів і обладнання, залежить якість виробленої продукції, собівартість її виробництва і рентабельність підприємства в цілому.

Таблиця 1.3. Склад тракторного парку ТОВ «Пилипчанське»

	Кількість	Коефіцієнт переведення в умовні еталонні	Кількість еталонних тракторів
1. Трактори загального призначення:			
ХТЗ-181	3	1,65	4,3
ХТЗ-170	4	1,65	5,95
ХТЗ-200	3	1,1	4,3
Усього тракторів загального призначення	10		14,55
2. Універсально просапні трактори:			
Foton 840	4	0,7	2,5
ENEY TD 1204	3	0,6	1,8
Усього універсальних просапних тракторів	7		5,5
3. Садово-городні і спеціальні трактори:			
Deutz-Fahr Agrofarm 410	1	0,22	0,22
Всього тракторів в господарстві	18	-	20,77

Таблиця 1.4. Наявність аграрних машин у господарстві

Назва	Марка	Кількість
Зернозбиральні комбайни	Sampo - 500	4
	Claas, Lexion 480	1
Силосозбиральні комбайни	Claas Jaguar 870	2
	Storm 75	1
Бурякозбиральні комбайни	КС-6Б	2

Зернові жатки	ЖВП-6	2
	ЖРБ-4,2	2
	ЖВН-6	1
Зернові сівалки	СЗТ-3,6	4
Бурякові сівалки	ССТ-12Б	3
Кукурудзяні сівалки	СУПН-8	2
Косарки	КСФ – 2,1	3
	КІР – 1,5	1
	КДР – 1,5	1
Картоплесаджалка	КСМ-4	1
Культиватори	КПС-4	8
	“Європак 6000”	1
	КНШ-8	2
	КІ-4	2
	КОР-4,2	1
	КРН-5,0	2
	УСМК – 5,4	3
	КФ-5,4	2
Бурякозбиральна машина	БМ-6	1
Бурякопогрузчик	СПС-4,2	2
Розкидачі	ПРТ-10	2
	РУМ-8	1
	РОУ-6	3
	МВУ-0,5	4
Навантажувачі	ПФ-0,5	2
	КУН-10	2
Плуги	ПЯ-3-35	7
	ПЛН-3-35	8
	ПЛ-5-35	2
	ПЛП-6-35	2
Зчіпки	С-11	2
	СГ-21	1
	СП-11А	1
Граблі	ГВК-6	2
	ВСН-4,2	1
	ГПП-6	1
Машини для захисту рослин	ОПВ-2000	1
Луцильники	ЛДГ-10	4
	ЛДГ-15	2
Котки	2ККШ-2,8	12
	3ККШ-6	6
Борони	БЗТС-1	50
	БЗСС-1	70

	БДТ-7	1
	БДТ-3	2

Таблиця 1.5. Склад автомобільного парку

Назва	Марка	Кількість
Вантажні автомобілі	Foton Aumark BJ 1108	5
	Foton MKD 16	2
	IVECO T-WAY AD380	1
	Foton Auman BJ 3259	1
	IVECO Daily 72-150	2
	Foton Auman BJ 1186	1
Автоцистерни	IVECO ML150E24WS	1
Легкові	JAC JS2	2
	BA3-2121“Нива”	1
	Renault “Duster”	3
Автобуси	Богдан – А 092	2

За аналізом таблиць 1.3, 1.4, 1.5 можна зробити висновок, що господарство на належному рівні устатковане технічними засобами. Але, в організації функціонування техніки існують недоліки, пов'язані з поганим забезпеченням запасними частинами і комплектуючими та високим рівнем їх вартості.

Нафтове господарство ТОВ «Пилипчанське» розраховане, на 40 м³ нафтопродуктів (рис. 1.1.).

Для утримання паливно-мастильних матеріалів підприємство має нафтосклад загальною місткістю 150м³. З використанням стаціонарних паливо роздавальних колонок у повній мірі забезпечується механізована заправка автомобільної і тракторної техніки. Заправлення автомобілів, тракторів, збиральних і самохідних машин виконується у господарстві закритим методом із застосуванням колонок PRIME. Для заправки оливою використовується роздавальна колонка 367М.

На полі техніку заправляють самохідною автомобільною цистерною IVECO ML150E24WS з використанням пересувної заправної колонки REWOLT, яка також застосовується при аварійних відключеннях електроенергії.

У нафтовому господарстві, завжди оперативно обліковуються нафтопродукти. Облік виконується в електронному середовищі матеріального забезпечення, де розміщений окремий рахунок на окремий вид і сорт нафтопродуктів. Відповідно до прибуткових документів отримані нафтопродукти заносять на рахунок до прибутку, а відповідно з актами, витрачені нафтопродукти заносяться до видатків.

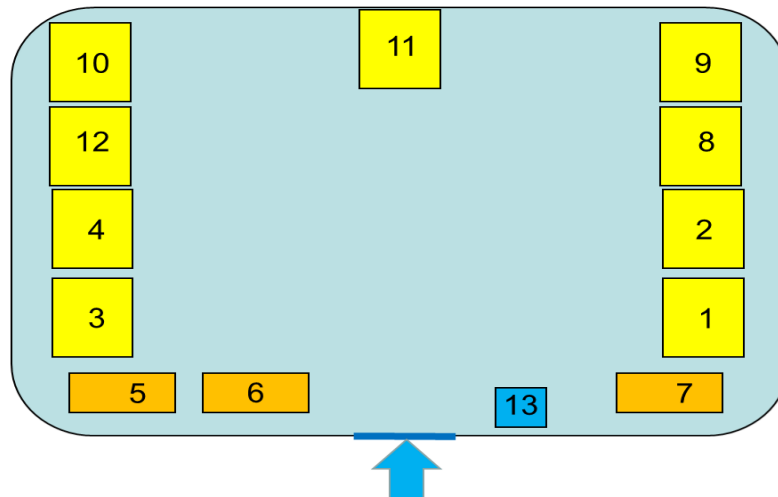


Рис.1.1. Схема нафтового господарства.

1, 2 – наземні ємності для зберігання бензину, 5 м^3 ; 3, 4 – наземні ємності для зберігання дизельного пального, місткістю 10 м^3 ; 5 – дизпаливна роздавальна колонка; 6 – оливна роздавальна колонка; 7 – бензинова роздавальна колонка; 8 – склад мастильно-оливних матеріалів; 9 – протипожежний щит; 10 – ангар для зберігання пустої тари; 11 – протипожежний резервуар з водою, місткістю 6 м^3 ; 12 – ангар для зберігання мастила; 13 – ресепшн.

В перших числах кожного місяця, у нафтовому господарстві проводять контроль фактичних лишків всіх нафтопродуктів і заносять до рахунку реєстрації залишків. За результатами перевірки комісія формує акт, який передається до бухгалтерії господарства для звірки з прибутково-видатковою документацією.

1.3. Організація технічного обслуговування.

Для надійної експлуатації машино-тракторного парку, необхідно своєчасно виконувати технічне обслуговування.

Процес технічного обслуговування містить операції, які регламентовані за часом, для контролю і підтримання технічного стану машин і їх механізмів.

Згідно із наявною у господарстві технікою і засобами механізації виробництва, на підприємстві функціонує центральна ремонтна майстерня, а на ділянках – пункти технічного обслуговування, які мають:

1 - майстерню; 2 - пости технічного обслуговування; 3 - майданчик для налаштування і регулювання аграрних машин; 4 - ангар для зберігання аграрної техніки; 5 - очисно-мийну ділянку; 6 - комплекс побутового обслуговування.

У господарстві проводять ТО-1, ТО-2, ТО-3 та елементарний поточний ремонт тракторної техніки, автомобілів, аграрної техніки. Обслуговування машин виконують, як правило, потужностями і устаткуванням господарства.

На забезпечення належного рівня ефективності використання машино-тракторного парку, значно впливає організоване зберігання машин. Весь асортимент складної техніки і комбайнів, зберігаються в ангарах, автомобілі зберігаються в боксах. Інші технічні одиниці, зберігаються на відкритих майданчиках, під впливом снігу і дощу, що суттєво знижує їх ресурс та строки експлуатації.

В результаті аналізу організаційно-економічної діяльності господарства ТОВ «Пилипчанське» встановлено наявну на підприємстві відповідну технічну та матеріальну базу, для вирощування ярого ячменю, також взято до уваги, що господарство спеціалізується на вирощуванні зернових культур. За технологічними підходами виробництва продукції зернових культур, господарство має ряд організаційних, технологічних і технічних недоліків. Це по перше велика кількість заходів спрямованих на підготовку ґрунту і догляд за рослинами, що не завжди є раціональним, також, через високу вартість, у недостатній кількості застосовуються мінеральні добрива і пестициди, що є причиною втрат урожайності та зростання собівартості продукції.

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

2.1. Кормо-харчове значення ярого ячменю та обґрунтування технології його вирощування.

Культуру ярого ячменю вирощують, на території нашої країни, з продовольчими, кормовими і технічними цілями. Ячмінь являється однією з цінних зернофуражних рослин.

Зерно ячменю містить у середньому 13,2% білків, 78,2% вуглеводів, 3,4% жирів, до 4% зольних речовин, має високу поживність (1,2кормових одиниць і 100 г перетравного протеїну). За амінокислотним складом, білок є повноцінним. За наявністю амінокислот лізину і триптофану, білок має перевагу над зерном інших злакових культур.

У якості грубого корму для тваринництва, цінується солома ячменю, особливо, від сортів з гладкими устюками (36кормових одиниць) і полова. На зелений корм та сіно ячмінь вирощують у сумішах з ярою викою і горохом, урожайність яких досягає 250-300 ц/га.

Ячмінь – це важлива продовольча культура. У харчовій промисловості, із зерна великозернистого ячменю виготовляють перлову і яшну крупи, які мають 9-11% білку і 82-85% крохмалю. Борошно, яке виготовляють із зерна ярого ячменю, використовується як домішка у пшеничне або житнє борошно на пекарнях.



Рис. 2.1. Культура ярого ячменю.

Харчові якості зерна ячменю цінні, для виробництва пива. Найбільш ефективним для пивоварної промисловості являється сортовий дворядний ячмінь з добре наповненим і рівним зерном, з масою 1000 зерен 40-45г, який має понижений рівень плівчастості 8-10%, підвищений вміст крохмалів 63-65 % і понижений рівень білку 9 -10%.

Також, зерна ячменю використовують для виготовлення сурогату кави, екстрактів солоду, з наступним застосуванням у фармацевтичній, кондитерській та спиртовій промисловостях.

Культура ячменю налічує, близько 30 видів, серед яких лише один культурний вид - ячменю посівного, з асортиментом хромосом $2n-14$. Всі інші однорічні та багаторічні види дикорослого ячменю, мають набір хромосом $2n - 14, 28, 48$.

Метаболічні властивості кореневої системи ячменю, мають невелику засвоювальну здатність. За структурою корені мичкуваті, з проникненням у ґрунт на глибину до 100 см і в обхваті, до 90см.

За розмірами, солома ячменю коротша, за соломі жити, пшениці і вівса. Довжина соломи сягає 30-135 см, а товщина – 2,5-4 мм. Стебло має 5-7 вузлів, зеленого кольору або з фіолетовим відтінком.

Листя широке, добре розвинене, з білуватим відтінком вушок, які своїми коаями охоплюють стебло. Листові пластини завдовжки 12-25см. шириною 8-25мм.

Суцвіття ячменю – дворядний або багаторядний колосок. На кожному виступі стебла розташовані три одноквіткові колоси. Колір забарвлення колоса солом'яно-жовтий або чорний. Плід ячменю – плівчата або гладка зернівка, довжиною 7-10 мм та шириною 2-3мм. Маса 1000 зернин 30-50г.

Ярий ячмінь має гарні показники у різних ґрунтово-кліматичних умовах і не вибагливий до теплового режиму. Початок проростання насіння, за температури 1-2°C, після сходу, молоді рослини легко переносять похолодання до 3-4°C, а інколи й приморозки, до мінус 7-9 °C. У період наливання зерна,

шкідливий вплив чинять заморозки до 1,5-3°C. У період вегетаційного розвитку, сприятливою для росту рослини слугує температура 18°C.

Ярий ячмінь вирощується у різних ґрунтово-кліматичних зонах, що вказує на його рівень пристосованості до різних типів ґрунтів. Для ячменю ефективні родючі структуризовані ґрунти з глибоким орним горизонтом. Погано сходи дає ячмінь, на супіщаних і піщаних ґрунтах, хворіє на кислих торфовищах ($\text{pH} < 6$), а за умов висококислої реакції ґрунтового середовища ($\text{pH} 3,5$) зовсім не сходить.

Протяжність вегетаційного періоду ярого ячменю, залежно від сорту, району і погодних умов знаходиться в межах, від 60 до 110 днів.

Для ярого ячменю позитивною є глибока зяблева оранка. Ґрунт повинен бути розпушеним і чистим від забур'янення. На полях, засмічених бур'янами, виконується звичайна оранка на глибину до 18-20 см, на Поліській та Лісостеповій зонах – до 27-36 см, а за умови чистого поля, поверхневий обробіток виконується дисковими або плоскорізальними знаряддями на глибину до 12-14 см. Весняний обробіток ґрунту передбачає закривання вологи та передпосівний культиваційний обробіток на глибину до 5-7 см, у поєднанні з прикочуванням або з комбінованим обробітком.

Ярий ячмінь потребує підживлення і внесення добрив. Для вирощування 1 центнера зерна з відповідною кількістю соломи, необхідно 2,5-3,0 кг азоту, 1,1-1,2 кг фосфору і 2,0-2,4 кг калію. Залежно від сорту і кліматичної зони вирощування такі вимоги носять змінний характер. Норму мінеральних добрив доцільно встановлювати, на показник запланованої врожайності. Високий урожай ячменю забезпечується при застосуванні мінеральних добрив з дією органічних добрив, у таких наближених нормах: для основного внесення на дерново-підзолистих, суглинистих і супіщаних ґрунтах Поліської зони – $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ лівобережної та центральної Лісостепових зон – $\text{N}_{45}\text{P}_{30}\text{K}_{30}$.

Ярий ячмінь висівають вже відсортованим, з чистим кондиційним насінням високої репродукції, відповідно до вимог Державного стандарту. Перед початком операції сівби, насіння протрується протруювальними

машинами, із використанням плівкоутворювачів ПВС (0,5 кг/т або NaKMn 0,2 кг/т).

Висівають ячмінь у ранні періоди. Спосіб посіву ячменю – з звичайний рядковий, при міжряддях 15см, з стабільною технологічною колією.

Встановлення норми висіву ячменю спирається на кліматичні і ґрунтові умови, культурний рівень землеробства, способи посіву, якість насіннєвого матеріалу, сортові особливості та інші фактори. Орієнтовні значення норм посіву ячменю у ґрунтово-кліматичних зонах України знаходиться в межах: Поліські райони - 4,5-5,0 млн схожих зерен на 1 га; Лісостеп – 4-4,5 млн схожих зерен на 1 га. Загальна норма висіву насіння становить від 180-220 до 140-160 кг/га.

Глибина зароблення насіння ярого ячменю, за вологих ґрунтів становить 3-4 см, за легких ґрунтів - 5-6 см; з підсівом конюшини і люцерни - 2-3 см, експарцету – 3-4 см.

При посіві ячменю в умовах посушливої весни, для підвищення рівня схожості і дружньої вегетації, виконують післяпосівне прикочування посівів кільчасто-шпоровими котками .

У регіонах з достатнім рівнем вологості, особливо, при наявності важких заплываючих ґрунтів, за умови утворення ґрунтової кірки, її зруйнують ротаційними або голчастими боролами. На важких ґрунтах виконують боронування сходів, завдяки якому знищуються бур'яни, розпушується ґрунт і зростає аерація коренів.

2.2. Розробка технологічної карти вирощування ярого ячменю.

Починаємо формування технологічної карти на основі вихідних даних: культура; попередники культури; запланована площа висіву, га; запланована урожайність, т/га; норми витрат, кг/га: насіннєвого матеріалу, розчинів отрутохімікатів; внесення добрив (мінеральних та органічних), т/га; шлях перевезення технологічних матеріалів і продукції. Обов'язково, враховуються агротехнічні вимоги до проведення кожної операції, норми виробітку механізованих та

ручних робіт, забезпеченість господарства придатними машинами, з показниками їх роботи, за минулі роки і параметри для встановлення прямих експлуатаційних затрат.

Приведений аналіз організаційно-економічної діяльності господарства вказує на доцільність вирощування ярого ячменю на площі поля 100 га.

Послідовність виконання операцій носить єдиний характер, для всіх культур (стовпець 1). Комплекс операцій (стовпець 2) відповідає технології їх реалізації. При комплектуванні технологічної карти використовуємо рекомендації науково-дослідних інститутів та розробленими раніше технологічними картами, господарства. У списку робіт враховуємо наявність комплексної механізації з метою мінімалізації ручної роботи.

Регламент агротехнічних вимог та показників якості прописуємо, у стовпці 3, де також висвітлюємо глибину ґрунтообробки, загортання насіннєвого матеріалу, норми внесення добрив і посіву насіння, урожайність та інші показники, що вказують на якість виконаних робіт.

У стовпці 4 висвітлюємо показники розмірності проведеної технологічної операції, наприклад, оранка, посів, внесення та ін. – га, т; транспортні роботи – т-км; допоміжні роботи – т. Погодинність механізованих робіт наводиться у годинах, а землерийних робіт – у м³.

Фактична обсяжність робіт (стовпець 5) має відповідати плановій та бути кратною її реалізації.

Розрахунок складу агрегату заносимо до стовпців 6, 7, 8 вибір кількості працівників – операторів та обслуговуючого персоналу, до стовпців 9, 10. Отже, кількість трактористів-операторів і допоміжного персоналу приймаємо згідно з обраними аграрними машинами і обраної стратегії обслуговування агрегату.

Комплектація машино-тракторного агрегату на кожну операцію, повинна забезпечувати задані показники якості, максимальний рівень продуктивності, максимальне використання силових характеристик та мінімальні затрати ресурсів на одиницю роботи.

Змінна норма виробітку (стовпець 11) встановлена згідно типових норм виробітків на механізованих аграрних та транспортних роботах.

Норми виробітку механізованих робіт, спрямовані на зміну тривалістю 7 год, а при шкідливих умовах праці (обпилення, обприскування пестицидами та ін.) – 6 год. Норма виробітку агрегату за зміну:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}; \quad (2.1)$$

де: $W_{год}$ – значення виробітку агрегату за годину змінного часу, га/год, т/год, м³/год;

$T_{зм}$ – показник тривалості зміни, год.

Час зміни:

$$T_{зм} = T_{П} + T_{Р} + T_{Х} + T_{ТО} + T_{ТД} + T_{Н} + T_{ОРГ} + T_{М}; \quad (2.2)$$

де: $T_{П}$ – підготовочно-заключний час, год; $T_{Р}$ – час на роботи агрегату з ввімкненим робочим органом, год; $T_{Х}$ – час холостого переміщення на маневри, год; $T_{ТО}$ – час на технологічні налаштування агрегату год; $T_{ТД}$ – час планового ТО агрегату, год; $T_{Н}$ – час простою агрегату через поломку машини; $T_{ОРГ}$ – час на вирішення організаційних питань, год; $T_{М}$ – час на метеорологічні обставини, год.

За відсутності норми виробітку її встановлюють відповідно до технічної характеристики машини та коефіцієнта використання змінного часу:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot \tau; \quad (2.3)$$

де: V_P – робоча швидкість переміщення агрегату, км/год (технічна характеристика машини); B_P – обсяг робочої ширини захвату агрегату, м; τ – коефіцієнт використання змінного часу.

Робоча ширина захвату агрегату:

$$B_P = B_m \cdot \beta; \quad (2.4)$$

де: B_m – обсяг конструкційної ширини захвату агрегату, м; (технічна характеристика машини); β – коефіцієнт використання обсягу конструкційної ширини захвату агрегату.

Коефіцієнт використання змінного часу, залежить від факторів умов та організації роботи:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}. \quad (2.5)$$

Для збільшення значення коефіцієнта використання змінного часу необхідно видалити показники часу, затраченого на ліквідацію поломок агрегату, на організаційні питання, на метеорологічні умови, на налаштування агрегату, а також, холості переміщення, технологічне обслуговування, технічний огляд.

За необхідністю розраховується добовий наробіток агрегату:

$$W_{доб} = W_{год} \cdot T_{доб} \quad (2.6)$$

де: $W_{доб}$ - добовий наробіток агрегату, га/доб, т/доб, м³/доб; $T_{доб}$ - добова тривалість робочого дня, год.

Кількість нормозмін на один агрегат (стовпець 12) з метою реалізації операції у повному обсязі:

$$N_{зм} = \frac{Q}{W_{зм}}; \quad (2.7)$$

де: Q – повний обсяг робіт, в параметричних одиницях, га, т, км .

За необхідністю розраховують чисельність агрегатів, необхідних для виконання встановленого обсягу робіт, певної операції:

$$n = \frac{Q}{W_{доб} \cdot D_p}; \quad (2.8)$$

де: n - кількість працюючих агрегатів; D_p – регламентована тривалість виконання операції, діб.

Затрати праці на проведення технологічної операції (стовпець 13), (люд-год):

$$З_{II} = \frac{m_{мех} + m_{дон}}{W_{год}}, \quad (2.9)$$

де: $m_{мех}$ - кількість трактористів-операторів, за роботи в одну зміну, чол; $m_{дон}$ - кількість допоміжних робітників, за роботи в одну зміну, чол.

Розміри тарифних ставок (стовпці 14, 15) операторів і працівників задіяних на ручних роботах рослинництва вибираються з умов забезпечення мінімальної заробітної плати.

Заробітна плата згідно тарифу (стовпці 16, 17, 18) розраховується окремо для операторів та допоміжного персоналу:

$$Z_{mex} = N_{зм} \cdot m_{mex} \cdot T_{mex}; \quad Z_{дон} = N_{зм} \cdot m_{дон} \cdot T_{дон}; \quad (2.10)$$

де: Z_{mex} і $Z_{дон}$ – заробітна плата відповідно операторів та допоміжних робітників, грн; T_{mex} і $T_{дон}$ – тарифні ставки за зміну операторів та іншим робітників, грн./зміну.

Витрати пального (стовпець 19) на одиницю виконаної роботи встановлюємо за діючими нормами господарства. За відсутності встановленої норми витрати пального її розраховують:

$$g_{za} = \frac{G_{пн} \cdot K_T}{W_{год}}; \quad (2.11)$$

де: g_{za} – норма витрати пального, кг/га, кг/т, кг/м³; $G_{пн}$ – витрата пального за номінальної потужності двигуна, кг/год (технічна характеристика ДВЗ); K_T – коефіцієнт неповного завантаження двигуна.

Рівень витрати пального трактором за номінальної потужності двигуна $G_{пн}$:

$$G_{пн} = 0,001 \cdot N_{кр} \cdot G; \quad (2.12)$$

де: $N_{кр}$ – значення тягової потужності двигуна на робочій передачі, кВт; G – питомі витрати пального, г/кВтгод (технічні дані $G=251$ г/кВтгод).

Витрати пального на загальний обсяг робіт (стовпець 20):

$$G_{заг} = g_{za} \cdot Q. \quad (2.13)$$

Отримані результати загальних витрат пального, затрат праці та прямих витрат відносимо до площі поля та врожайності культури і отримуємо показники, на одиницю виробленої продукції. Порівняльна оцінка показників віднесених до одного еталонного гектара та одиниці продукції демонструє рівень ефективності пропонованої технології вирощування аграрної культури.

Комплектацію машино-тракторного агрегату для виконання операції дискування ґрунту, приймаємо виходячи з умов забезпечення заданої якості обробітку, максимальної продуктивності та мінімальних витрати ресурсів на одиницю виконаної роботи. Для виконання операції дискування поля комплектуємо машино-тракторний агрегат у складі трактора ENEY TD 1204 та дискової борони БДВ-3.

2.3. Розрахунок технологічних параметрів комплектування машинно-тракторного агрегату.

З огляду на застосування, для основного обробітку ґрунту машино-тракторного агрегату, у складі трактора ENEY TD 1204 та дискової борони БДВ-3, технологічними параметрами вказаного комплекту, слугують обсяг ширини захвату, швидкість переміщення агрегату та коефіцієнт використання тягових зусиль трактора.

Обсяг ширини захвату – це розмір ширини смуги, на якій здійснюється обробіток, за один технологічний прохід МТА по полю. Існує розуміння теоретичної ширини захвату B_T і робочої ширини захвату B_P . Вони між собою не завжди рівні.

Випадок, коли $B_T = B_P$ має місце лише тоді, коли при реалізації операції, обсяг розрахункової ширини захвату МТА відповідає розміру обробленої смуги. Такі випадки існують при посіві з коректним формуванням стикового міжряддя, при обробці міжрядь просапних культур та збиранні урожаю культур русловими жниварками комбайнів. $B_T < B_P$, при умові, що робочі проходи МТА реалізують окремими смугами (підбирання сінних валків та валків зернових культур). Коли $B_T > B_P$ – це означає, що технологічна операція проводиться з ціллю запобігання робочим пропускам. Такі умови характерні при робочих проходах машин для поверхневого обробітку площі поля (боронування, культивуація, фрезерування).

Співвідношення вказаних ширин захвату демонструється через значення коефіцієнта використання ширини захвату β :

$$B_p = B_T \cdot \beta = 3,0 \cdot 0,96 = 2,88(\text{м}) \quad (2.14)$$

За встановленими допустимими значеннями коефіцієнта використання конструктивної ширини захвату, для певної технологічної операції, розраховується робоча ширина захвату агрегату.

Швидкість переміщення агрегату, показує шлях, який трактор проходить за одиницю часу. Також існує розуміння теоретичної V_T , і робочої V_P швидкостей переміщення та швидкості холостого ходу енергетичного засобу чи самохідної машини. Суть теоретичної швидкості, полягає у швидкості переміщення трактора або самохідної аграрної машини на певній передачі без пробуксовування за номінальних показниках частоти обертання колінчастого вала двигуна. Розуміння робочої швидкості, стосується переміщення агрегатів під навантаженням, із забезпеченням високих показниками якості роботи, без відхилень за межі допустимих показників.

Коректний вибір показників робочих швидкостей переміщення МТА, в допустимих межах, за типами робіт і видами машин позитивно впливає на повне

виконання агротехнічних вимог при проведенні виробничої операції. За умови виконання поверхневого обробітку ґрунту, швидкість переміщення МТА відповідає рівномірності і глибині ходу робочих органів без виймання вологого ґрунту на поверхню поля, для суцільних культиваторів або за якісими показниками лушення поверхні ґрунту, з повним знищенням забур'яненості, для дискових борін та лушчильників.

Показник робочої швидкості переміщення має різницю відносно показника теоретичної швидкості, через пробуксовування трансмісії тракторів.

З використанням значення коефіцієнта пробуксовування δ за показником теоретичної швидкості трактора встановлюємо показник робочої:

$$V_P = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) = 12 \cdot \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 10,56(\text{км/год}) \quad (2.15)$$

Отже, згідно з проведеним аналізом операції основного обробітку ґрунту у комплектуванні МТА трактором ENEY TD 1204 та дисковою бороною БДВ – 3, встановлено:

- значення теоретичної і робочої ширин захвату, відповідно відповідають $B_T = 3\text{ м}$ $B_P = 2,88\text{ м}$.

- значення робочої швидкості переміщення МТА розраховане із врахуванням коефіцієнта пробуксовування, відповідно $V_T = 12\text{ км/год}$, $V_P = 10,56\text{ км/год}$.

Агрегат здатний виконувати робочий процес, лише у випадку, перевищенням тяговим зусиллям трактора P_T опору аграрної машини R_A :

$$P_T > R_A. \quad (2.16)$$

Значення тягових опорів аграрних машин або обладнання залежить від умов технологічного процесу, який вони виконують, конструкцій машин або обладнання, природних факторів (рельєф тощо) і експлуатаційних режимів роботи (швидкість переміщення, напрямок сили тяги, тощо). Рівень тягових опорів залежить від умов технологічної операції, яка виконується машиною-знаряддям.

Тяговий опір машино-тракторного агрегату:

$$R_A = R_M + R_{ni\partial} = 8,06 + 0,172 = 8,232(\text{кН}) \quad (2.17)$$

де: R_M – тяговий опір аграрної машини, кН; $R_{ni\partial}$ – додатковий опір при наявності змінного рельєфу місцевості, у вертикальній площині, кН.

Показник тягового опору аграрної машини:

$$R_M = K_M \cdot B_T = 2,8 \cdot 2,88 = 8,06 = (\text{кН}) \quad (2.18)$$

де: K_M – питомий опір аграрної машини, кН/м.

Додатковий опір змінного рельєфу місцевості:

$$R_{ni\partial} = Q_M \cdot i = 17,2 \cdot 0,01 = 0,172(\text{кН}) \quad (2.19)$$

де: Q_M – маса аграрної машини, кН; i – кут підйому переміщення, %.

У допустимих межах значень технологічної швидкості $V_{ДОП}$ вибираємо робочі передачі руху трактора і відповідні показники тягового зусилля P_{KP} на обраних передачах (тягові показники трактора на відповідному агрофоні).

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора η_{TP} – це показник раціональності складу МТА:

$$\eta_{TP} = \frac{R_A}{P_{KP} - P_\alpha} = \frac{8,232}{10,00 - 0,33} = 0,85 \quad (2.21)$$

де: P_{KP} – зусилля, затрачене, для подолання опору агрегату P_α – зусилля затрачене трактором для подолання підйому місцевості, кН:

$$P_\alpha = Q_{TP} \cdot i = 33 \cdot 0,01 = 0,33(\text{кН}) \quad (2.22)$$

де: Q_{TP} – вага енергетичного засобу, кН (тягові показники трактора).

За належного комплектування МТА, значення коефіцієнта використання тягового зусилля енергетичного засобу мають бути $\eta_{TP} = 0,85 \dots 0,95$. У випадку коли значення η_{TP} вище вказаних меж – що трактор піддається перевантаженню, тому потрібно ввімкнути нижчу передачу, з більшим тяговим зусиллям P_{KP} і перерахувати коефіцієнт. Якщо значення η_{TP} менше вказаних меж, то трактор недовантажений, тому потрібно ввімкнути вищу передачу з меншим тяговим зусиллям P_{KP} і перерахувати коефіцієнт. Необхідно пильнувати, щоб значення робочої швидкості V_P не перевищувало допустимі значення технологічної швидкості $V_{ДОП}$ більше 40%.

Параметричні результати розрахунків скомплектованого у складі ENEY TD 1204 та БДВ-3 наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Параметри комплектування агрегату

Трактор ENEY TD 1204, (шт)	1
Дискова борона БДТ-3 (шт)	1
Вага трактора, Q_{TP} (кН)	34
Конструктивна (робоча) ширина захвату, B_T (м)	3 (2,87)
Вага аграрної машини, Q_M (кН)	17,3
Питомий опір аграрної машини, K_M (кН/м)	2,9

Кут підйому місцевості, i (%)	0,01
Тяговий опір машинно-тракторного агрегату R_A (кН)	8,23
Допустима швидкість, $V_{доп}$ (км/год)	12
Передача	VI
Робоча швидкість, V_P (км/год)	12
Тягове зусилля трактора на гаку, P_{KP} (кН)	10
Тягова потужність трактора, N_{KP} (кВт)	36
Годинна продуктивність агрегату, $W_{год}$ (га/год)	2,95
Норма витрати палива, g (кг/га)	3,1
Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора, η_{TP}	0,85

2.4. Організація виконання операції дискування ґрунту.

При вирощуванні ярого ячменю, провідні кроки до забезпечення високих урожаїв здійснює основний обробіток ґрунту. Щоб зберегти вологу і створити сприятливі умови, для провокації проростання бур'яну з подальшим його знищенням, поле обробляють дисковими ротаційними знаряддями, відразу після збирання зернобобових і зернових колосових культур.

Дисковими боронами руйнують стерню, на глибину не меншу ніж 6 см, або – на 8-12 см. Відповідно до виду і стану ґрунту, горизонт обробітку повинен бути рівномірним, середнє допустиме відхилення глибини не повинне перевищувати ± 2 см. Висота утворених гребенів не повинна перевищувати 3...4 см. Поверхневий шар ґрунту після дискування повинен мати дрібногрудкувату структуру без її розпилення. В аграрному виробництві широкий спектр застосування мають гідрофіковані дискові борони класу БДТ. Робочий процес дискові борони виконують при швидкості переміщення 8-10 км/год.

Збираючи агрегат, у складі трактора ENEY TD 1204 та дискової борони БДТ-3 тракторист, через отвори, з'єднує бокові розкоси з нижніми тягами навісної системи трактора. Здійснює натяг обмежувальних ланцюгів, приєднує борону до трактора і під'єднує трубопроводи гідросистеми.

Налаштування дискової борони на роботу заключається у вірному встановленні кута атаки і глибини обробітку. Операція обробітку ґрунту дисковою бороною буде мати високоякісні показники, у разі встановлення глибини ходу дисків вище подвійної висоти гребенів.

Регулювання дискових борін виконують на рівному полі, у з'єднанні з трактором. Диски виводять, у робоче положення. Необхідний кут атаки регулюють переміщенням секції борони у направляючих до суміщення з відповідним регулювальним отвором. Рівномірне заглиблення дискових батарей встановлюють переміщенням рамки по вертикалі.

Глибину обробітку контролюють біля 10 разів на зміну: за першого проходу агрегату у 20...30 місцях, потім ще 2...3 рази, виконуючи заміри, на кожному гоні за всією його шириною захвату. Рівень гребенистості вимірюють 5 разів, а кількість не підрізаного бур'яну - 10 разів на зміну. Проведену роботу забраковують, при відхиленні від встановленої глибини обробітку, більше $\pm 2\text{см}$, а також за допущенні, у загінці більше трьох пропусків площею 6 м^2 .

3.1. Аналіз конструкцій ротаційних робочих органів ґрунтообробних машин.

Ротаційні ґрунтообробні знаряддя поділяються на два класи: знаряддя з активними робочими органами та знаряддя з пасивними робочими органами. Конструкції активних робочих органів ротаційних ґрунтообробних знарядь мають ряд недоліків, які полягають в підвищеній нетехнологічності виготовлення цих знарядь, і як наслідок, великої їх вартості, а також додаткових витратах енергії, пов'язаних з наданням робочим органам примусового обертального руху від джерел енергії (валу відбору потужності трактора), що призводить до підвищення вартості виконання технологічних операцій обробітку ґрунту.

Обробіток ґрунту, пасивними ротаційними робочими органами потребує значно менших енерговитрат, не лише в порівнянні з активними роторами, а й з іншими ґрунтообробними знаряддями пасивного типу (табл.3.1). Згідно прогнозу перспективного співвідношення ґрунтообробних знарядь застосування, які застосовуються в системі основного обробітку ґрунту в умовах України, ротаційному обробітку важкими дисковими боронами відводиться досить значна частка – понад 20% (рис.1.1).

Основні типи дисків та їх конструкційні параметри визначені ОСТ23.2.147-85. Відповідно до цього стандарту встановлюються такі типи дисків ґрунтообробних машин: тип “А” – плоскі диски з центральним отвором та декількома кріпильними отворами; тип “В” – сферичні диски; тип “С” – сферичні диски з плоским днищем; “D” – сферичні диски з ексцентричним плоским диском та квадратним отвором; тип “Е” – плоско-сферичні диски.

Деякі найхарактерніші стандартні ротаційні робочі органи, які встановлюються на секціях ґрунтообробних знарядь, та характеристика розподілення в ґрунті органічних речовин при їх роботі, наведені в табл.3.2.

Таблиця.3.1. Експлуатаційні та еколого-технологічні показники способів обробітку ґрунту з використанням ґрунтообробних робочих органів різних типів

Показник	Спосіб обробітку (робочий орган)			
	Полицевий обробіток (плужний корпус з полицею культурного типу)	Безполицевий обробіток (плоскорізальна лапа глибокорозпущувача)	Поверхневий обробіток (ротор активного типу ґрунтообробної фрези)	Поверхневий обробіток (сферичний вирізний диск роторної борони)
Енергоємність основного обробітку ґрунту під озиму пшеницю, МДж/га	720...860	670...840	915...1200	200...250
Продуктивність агрегату за 1 годину основного часу, га/год	до 1,2	до 1,8	до 1,6	до 4,9
Середньоквадратичне відхилення поверхні обробленого поля, см	8,5	5,5	3	4,5
Ступінь підрізання коріння бур'янів, %	90...95	80...90	93...97	70...75
Змив ґрунту, м³/га	7,1...7,5	0,9...1,2	7,5...9,5	5,1...6,1
Ступінь заробки верхнього шару ґрунту, %	до 100	0...5	25...50	20...25

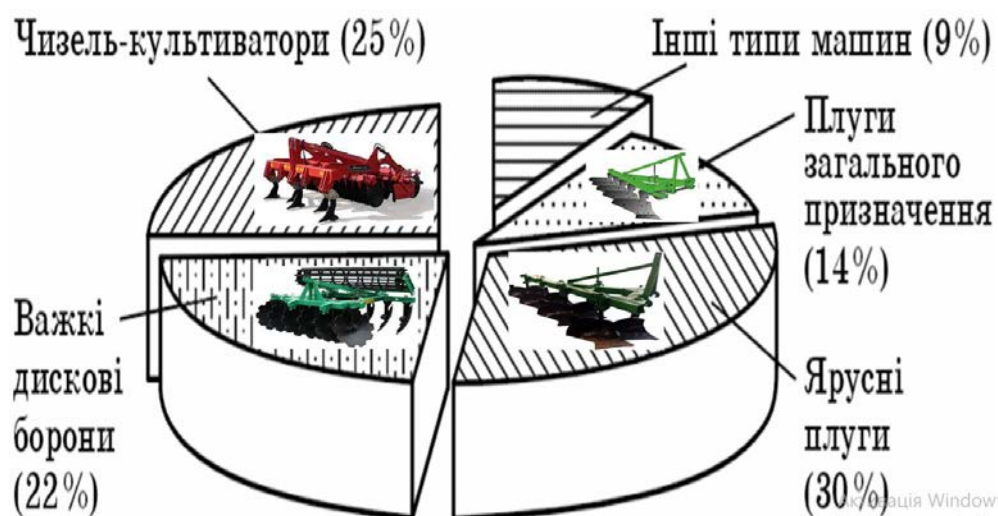
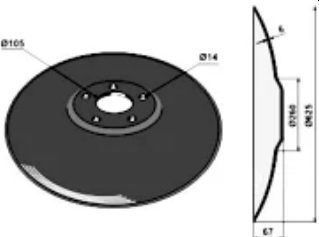
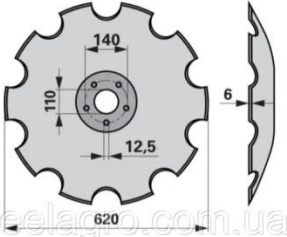


Рис.3.1. Співвідношення застосування ґрунтообробних знарядь.

Таблиця 3.2.Ротаційні робочі органи, які встановлюють на секціях ґрунтообробних знарядь

Робочий орган	Основне призначення	Характеристика розподілення органічних речовин
 Сферичний диск 1	Встановлюється на плугах, для оранки важких перезвожених ґрунтів.	Незадовільне розподілення органічних речовин, яке залежить від стану поверхні поля.
 Сферичний диск 2	Встановлюється на лущильниках та боронах, для лущення стерні, розпушування ґрунту	Задовільне розподілення органічних речовин, яке різко зменшується в нижніх шарах оброблюваного профілю
 Вирізний диск	Встановлюється на лущильниках та боронах, для лущення стерні, розпушування ґрунту	Задовільне розподілення органічних речовин, яке різко зменшується в нижніх шарах оброблюваного профілю
 Голчастий диск	Встановлюється на ротаційну голчасту борону, культиватор, для руйнування ґрунтової кірки (рух за А), розпушування ґрунту, (рух за Б)	Обмежене незначною глибиною обробітку та особливостями робочого процесу
 Плоский диск	Використовується в якості дискових ножів на плугах	Практично відсутня заробка органічних речовин

Заслуговують на увагу, також, деякі перспективні конструкції ротаційних робочих органів, спрямовані на покращення агротехнологічних показників щодо розподілення органічних речовин.

Так, робочий орган (рис.3.2) складається із закріпленого на осі 1 сферичного диску 2 з ріжучою кромкою 3, виконаного з радіальними трапецеїдальними вікнами 4. Більша основа 5 кожного вікна 4 звернена до ріжучої кромки диску, а бічні ріжучі кромки кожного вікна відігнуті в протилежні боки відносно робочої поверхні диску. Суміжні вікна 4 диска мають різну висоту. Диски можуть встановлюватись в батареї і бути виконані вирізними по периферії. Обертаючись, диск 2 виконує своєю ріжучою кромкою 3 звичайне дискування ґрунту при цьому отвори 5 за допомогою кромки 7 і 8 частково обертають ґрунт і рівномірно розподіляють його по поверхні поля. Однак, конструкційні особливості такого робочого органу зумовлюють забивання його рослинними рештками та залипання в силу недостатніх геометричних розмірів вікна 5.

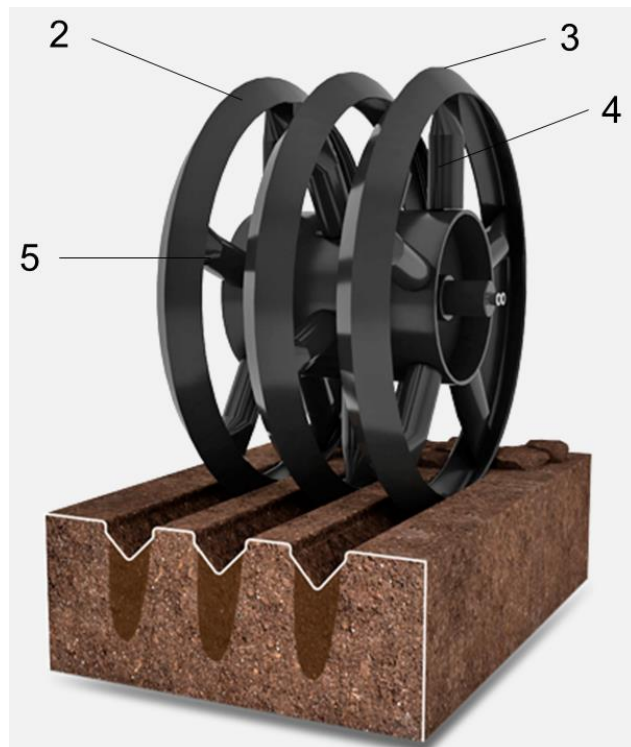


Рис.3.2. Ротаційний робочий орган з вирізами у вигляді радіальних трапецевидних вікон.

Ґрунтообробне знаряддя (рис.3.3.) складається з опорних коліс 1 або пруткових котків 2, механізму навіски 3 рами 4 і розміщених в два ряди поперек руху напівсферичних кілець 5 з механізмами 6 та 7 регулювання кута атаки α і кута нахилу β до горизонтальної площини, відповідно. Робочі органи 5, підрізають ґрунтовий пласт, кришать, підіймають його увігнутою сферичною поверхнею, обертають і скидають на дно борозни, однак наявність двох кутів регулювання (α , β) підвищує складність підготовки його до роботи, а знаходження в робочій зоні підшипникового вузла збільшує ймовірність його залипання ґрунтом.

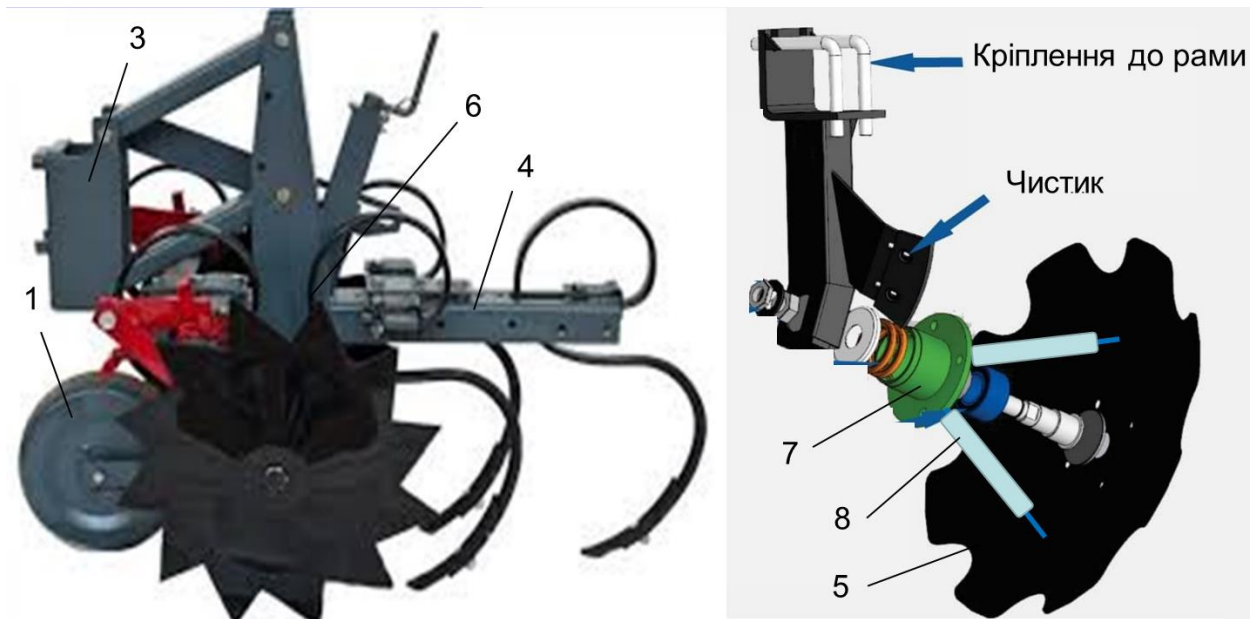


Рис.3.3. Ґрунтообробне знаряддя з двома ступенями регулювання кута встановлення робочих органів.

Ротаційно-зубовий робочий орган (рис.3.4) складається з ступиці 1 з квадратним отвором 4, оснащеної зубами 2, які виконані з різальною кромкою 3. Кінці зубів 2 розвернуті відносно поздовжньої осі 5 і відхилені в протилежних напрямках від площини ступиці 1, за рахунок чого в процесі роботи виконується поперечне зміщення ґрунту, що сприяє доброму перемішуванню верхнього шару ґрунту в горизонтальній площині. Відсоток заробки рослинних решток незначний внаслідок невеликої ширини робочої поверхні зубів 2.

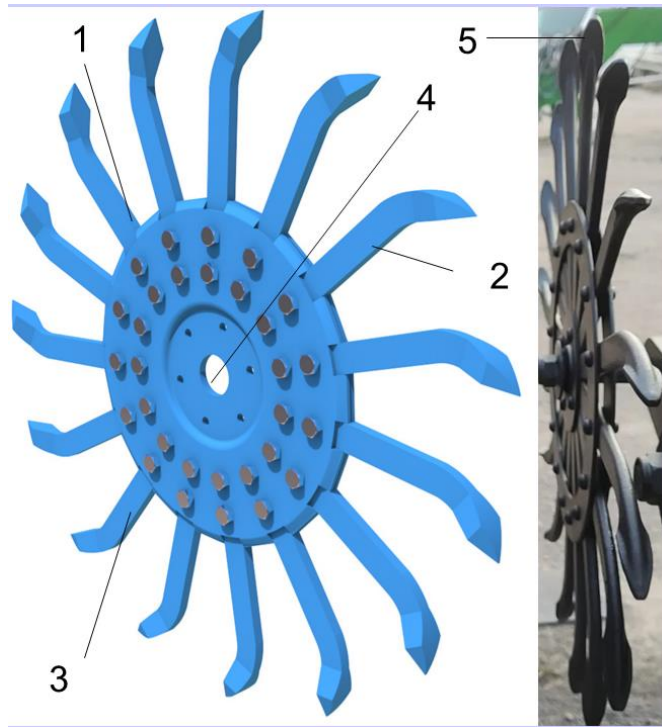


Рис.3.4. Ротаційно-зубовий робочий орган.

Відомий робочий орган (рис.3.5), який складається з диску 1 на якому під деяким кутом β , до площини обертання даного ротора, встановлені зуби 2 які за рахунок гвинтової форми робочої поверхні обертаючись в шарі ґрунту розпушують його, але в силу конструктивних особливостей (незначна ширина робочої поверхні) мають невелику загортаючу здатність.



Рис.3.5. Ротаційно-зубовий робочий ґрунтообробний орган.

Робочий орган (рис.3.6) ротаційного ґрунтообробного знаряддя містить встановлений на горизонтальній осі несучий елемент 1, в формі циліндра, на поверхні якого під кутом α до площини обертання та під кутом ψ до його твірної закріплено ножі 2, які при виході з ґрунту працюють в режимі відриву, що призводить до зменшення енергомісткості процесу обробітку ґрунту. Недоліком такого робочого органу є те що при виході ножа 2 з ґрунту відсутнє бічне переміщення скиби і як наслідок відбувається неповне загортання добрив та рослинних решток.

Відомий ротаційно-ножевий робочий орган, який складається з основи 1 у вигляді диску, ножів 2 в яких передні різальні кромки 3 виконано за спіраллю Архімеда (рис.3.7), які подрібнюють великі грудки, вирівнюють поверхню поля і загортають попередньо розкидані по поверхні поля добрива. Конструктивною особливістю такого робочого органу є зменшення ширини робочої поверхні ножа в напрямку до периметра робочого органу, що призводить до зниження однорідності обробітку ґрунту.

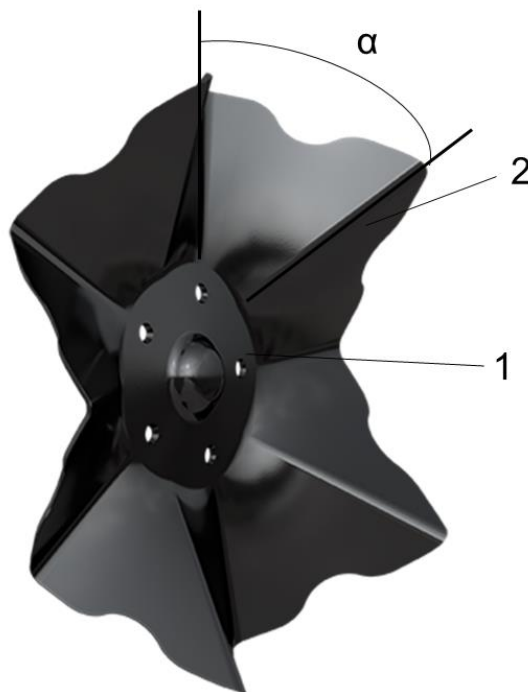


Рис.3.6. Ротаційно-ножевий робочий орган.



Рис.3.7. Ротаційно-ножевий ґрунтообробний робочий орган.

Цікавим, з точки зору виконуваного робочого процесу є також, робочий орган (рис.3.8) ґрунтообробного знаряддя, яке складається з встановленої на рамі 1 осі 2 з втулками 3, на яких закріплено диски 4, оснащені трапецеїдальними ножами 5 з кутом растру $\alpha=120^\circ\ldots130^\circ$. за рахунок збільшення ширини робочого поверхні ножа 5 в напрямку до периметру, знаряддя забезпечує рівномірність обробітку приповерхневого шару ґрунту, однак через плоску форму ножів 5 знаряддя має незначний показник заробки.



Рис.3.8. Секція ґрунтообробного знаряддя з ротаційно-ножевим робочим органом.

Отже на підставі аналізу існуючих конструкцій робочих органів ротаційних ґрунтообробних знарядь та за результатами порівняльних оцінок

(табл.3.8) можна зробити висновок про перспективність використання робочих органів ротаційного типу в зоні Полісся України. Однак, проаналізовані типи конструкцій як серійних машин так і пропонованих ротаційних робочих органів, з огляду на особливості їх робочих процесів, не повною мірою забезпечують агротехнічні вимоги стосовно заробки добрив, рослинних решток, гербіцидів тощо. Тому необхідна розробка конструкції ротаційного робочого органу, яка б забезпечувала достатнє обертання оброблюваної скиби ґрунту, та показники якості щодо заробки в ґрунт на оптимальну глибину стерні, органічних та мінеральних добрив тощо.

3.2. Розрахунок робочого органу до модернізованої борони.

З урахуванням вищевикладеного побудову теоретичного профілю ґрунтообробного ротаційного робочого органу можна виконати використовуючи можливі значення конструкційних показників та розрахункові формули представлені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3. Конструкційний розрахунок параметрів ротаційного робочого органу

Назва показника	Позначення	Розмірність	Можливі значення	Формула
1	2	3	4	5
Номінальна глибина обробітку	H	м	0,12	
Максимальна глибина обробітку	H_{max}	м	0,2	$H \leq l \sin \alpha_0$
Радіус ротора	r_r	м	0,33	ОСТ 23.2.147-85
Кут встановлення нижньої різальної кромки до дна борозни	ε_0	град.	20...25°	
Подвійний кут повороту твірної лінії	θ_2	град	46...50°	

Продовження табл.3.3

1	2	3	4	5
Кут закручування робочої поверхні ножа лопаті	γ_0	град.	23...24°	$\gamma_0 = \frac{\theta_2}{2},$
Кут загострення різальних кромок	ι	град.	20...45°	
Кількість ножів-лопатей	n		6...8	$n \leq \frac{2\pi r_r}{s + (c \cos \gamma_0)}$
Кут встановлення передньої різальної кромки	α_0	град	30...75°	$\alpha_0 = \alpha - \omega t$
Вертикальний кут різання	α	град	90°...135°	
			$\alpha = \left(\arctg \left(\frac{f}{(f + f_1)} \right) + 90 \right)$	
Кут заглиблення вершини різальної кромки на максимальну глибину	ωt	град	60°	$\omega t = \frac{360^\circ}{n}$
Радіус передньої різальної кромки	r_{rk}	м	0,17...0,2	
			$r_{rk} = \frac{r_r}{2 \cos[180 - (\omega t + \alpha)]}$	
Радіус нижньої різальної кромки	r_{nk}	м	0,2	(рис. 2.13)
		$(r_{nk} \sin \varepsilon_0 + c_0)^2 + (H - r_{nk} \cos \alpha_0)^2 = r_{nk}^2$		
Діаметр основи ротора	d_{or}	м	0,26	$d_{or} = 2(r_r - H_{\max})$

Тимчасовий опір ґрунту стисканню	σ_{tm}	Па	(0,08...0,12)× ×10 ⁶	
Об'ємна маса ґрунту	$\gamma_{об}$	кг/м ³	1200... ...1400	
Довжина ножа-лопаті	c	м	до 3,2	$c = \frac{l \cos \alpha_0}{2 \sin \frac{\gamma_0}{2}}$
Проекція ширини захвату робочого органу	b	м	до 1,3	$b = c \cdot \sin \gamma_0$
Узагальнений кут тертя	ψ	град.	0...45°	$\psi = \arctg \left(\frac{f}{(f + f_1)} \right)$
Кут тертя ґрунту по	φ	град.	14...35°	

поверхні робочого органу				
Відстань між найближчими точками суміжних ножів-лопатей	k	м	0,07...1,33	$k = H \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon_0 + \varphi)$
Проекція відстані k на площину обертання диску	s	м	0,03...0,95	
			$s \approx \frac{H \cdot \operatorname{tg}(\varepsilon_0 + \varphi) \cdot \cos\left(\arcsin \frac{c \cdot \sin \gamma_0}{k \cdot \cos \gamma_H}\right)}{\cos \gamma_H}$	
Проекція номінальної площі взаємодії ножа-лопати з ґрунтом М	A_{max}	м ²	$1,2 \times 10^{-4} \dots 1,5 \times 10^{-2}$	
			$A_{nom} = \int_0^H f(y)_{nk} dy - \int_0^H f(y)_{rk} dy,$	

Проекція мінімальної необхідної площі проміжку, еліпса Е	A_{np}	м ²	$1,2 \times 10^{-4} \dots 1,5 \times 10^{-2}$	$A_{np} > A_{max}$
Товщина небезпечного перерізу	n	м	6×10^{-3}	$h = 0,016 r_r$
Радіус небезпечного перерізу	r_{np}	м	0,13...0,14	$r_{np} \approx r_r - \left(c_e + \frac{N_{max}}{2}\right)$
Великий радіус еліпса Е	a_e	м	0,1	$a_e = \frac{H_{max}}{2}$
Малий радіус еліпса	b_e	м	0,03...0,95	$b_e = \frac{s}{2} \geq \frac{2 A_{nom}}{\pi H_{max}}$
Фокальний радіус еліпса	c_e	м	$8,8 \times 10^{-2} \dots 0,1$	$c_e = \sqrt{\frac{H_{max}^2}{4} - b_e^2}$
Ширина небезпечного перерізу	m	м	$(0,01 \dots 1,1) \times 10^{-1}$	$m = 2 r_{np} \sin \frac{180}{n} - s$
Координати центру тяжіння проекції М	x_{0c}	м	0,01...0,1	
			$x_{0c} = \frac{\int_0^H [y f(y)_{rk} - y f(y)_{nk}] dy}{A_{nom}}$	
	y_{0c}	м	0,05...0,1	
			$y_{0c} = \frac{\int_0^H [f(y)_{rk}^2 - f(y)_{nk}^2] dy}{2 A_{nom}}$	

Кут загострення різальних кромок	ι	град.	30°
Кількість ножів-лопатей	n	штук	6
Кут встановлення передньої різальної кромки	α_0	град	60°
Радіус передньої різальної кромки	r_{rk}	м	0,165
Радіус нижньої різальної кромки	r_{nk}	м	0,346
Діаметр основи ротора	d_{or}	м	0,26
Довжина ножа-лопаті	c	м	0,175
Проекція довжини ножа лопаті	c_0	м	0,160
Проекція ширини захвату робочого органу	b	м	$7,1 \times 10^{-2}$
Кут тертя ґрунту по поверхні робочого органу	φ	град.	35
Узагальнений кут тертя	ψ	град.	35
Відстань між найближчими точками суміжних ножів-лопатей	k	м	0,171
Проекція відстані k на площину обертання диску	s	м	0,100
Ширина небезпечного перерізу	m	м	0,86

3.3. Перевірка конструкційної міцності ротаційно-лопатевого робочого органу.

Для забезпечення роботоздатності конструкції ротаційно-лопатевого робочого органу, необхідно накласти обмеження на конструкцію ротора за умовою міцності в небезпечному перерізі лопаті, відповідно до “IV умови міцності” [29]

$$\sigma_{екв} \leq [\sigma], \quad (3.1)$$

де $[\sigma]$, допустимі нормальні напруження для матеріалу диску (матеріал диску – сталь 65Г ДСТУ 14959-79 $[\sigma]=196 \text{ МПа}$) [29];

$\sigma_{екв}$ – еквівалентні напруження в небезпечному перерізі.

Перевірочний розрахунок за умовою (3.1) оптимізованого профілю ножа лопаті, відповідно до рис.3.9, наведений в таблиці 3.5. Розрахунки виконані з

урахуванням коефіцієнту динамічності $[n] \geq 3$ [29], та виходячи з міркувань, що кут поміж еквівалентною силою $P_{екв}$ та дотичною до траєкторії mt переміщення точки прикладання сили $P_{екв}$ (центру ваги робочої поверхні) дорівнює нулю. Максимальна площа A (рис.3.10) контакту ножа-лопаті з ґрунтом, та координати центру мас O_c (точки прикладання еквівалентної сили) визначалась методом комп'ютерного моделювання з використанням спеціальних програмних продуктів.

Теоретичний профіль ротаційно-лопатевого ґрунтообробного робочого органу оптимізований для супіщаних дерново-підзолистих ґрунтів наведений на рис. 3.10, а основні розміри які визначають конструкцію ножа-лопаті, та розміри сил які діють на ніж-лопату, відповідно в табл.3.4 і табл.3.5.

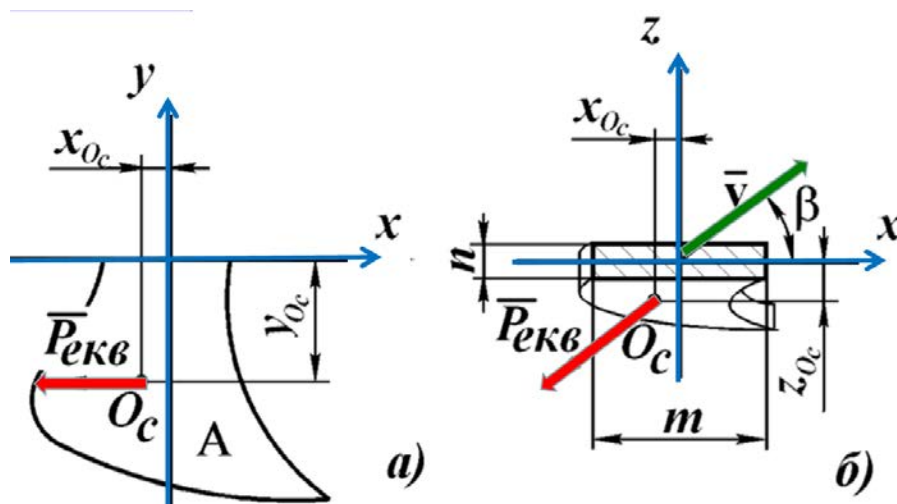


Рис.3.10. Схема силового навантаження ножа лопаті:

а) у вертикальній площині, б) у горизонтальній площині

Таблиця 3.5. Розрахунок конструктивної міцності небезпечного перерізу

Назва показника	Позначення	Розмірність	Значення	Розрахункові формули
1	2	3	4	5
Еквівалентна сила	$P_{екв}$	Н	$3,54 \times 10^3$	$P_{екв} = A \cdot \sigma_{\Gamma}$
Кут атаки	β	град.	$12^\circ - 24^\circ$	(ДСТУ 10267-62)
Питомий опір ґрунту	σ	Па	$0,2 \times 10^6$	
Площа контакту передньої поверхні ножа-лопаті з ґрунтом	A	м ²	$1,77 \times 10^{-2}$	
Допустимі напруження для сталі 65Г	$[\sigma]$	Па	196×10^6	$[\sigma] = \frac{\sigma_{\Gamma}}{n}$

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
Межа текучості матеріалу ножа-лопаті (сталь 65Г)	σ_T	Па	785×10^6	-
Коефіцієнт динамічності	n	-	3	
Товщина небезпечного перерізу	n	м	6×10^{-3}	(табл.2.3)
Ширина небезпечного перерізу	m	м	$8,6 \times 10^{-2}$	(табл.2.3)
Еквівалентні напруження в небезпечному перерізі	$\sigma_{екв}$	Па	126×10^6	$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{\Sigma}^2 + 3\tau_{\Sigma}^2}$,
Сумарні нормальні напруження	σ_{Σ}	Па	112×10^6	$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{3z} + \sigma_p$
Напруження згину	σ_{3z}	Па	112×10^6	$\sigma_{3z} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_z^2}$
Напруження згину відносно осі x	σ_x	Па	106×10^6	$\sigma_x = \frac{M_x}{W_x}$
Напруження згину відносно осі z	σ_z	Па	35×10^6	$\sigma_z = \frac{M_z}{W_z}$
Напруження розтягування	σ_p	Па	0	$\sigma_p = \frac{P_y}{A}$
Сумарні тангенціальні напруження	τ_{Σ}	Па	34×10^6	$\tau_{\Sigma} = \tau_{3c} + \tau_{ck}$
Напруження зсуву	τ_{3c}	Па	$0,2 \times 10^6$	$\tau_{3c} = \frac{P_{\Sigma}}{A}$
Напруження скручування	τ_{ck}	Па	34×10^6	$\tau_{ck} = \frac{T}{W_p}$
Момент опору перерізу відносно осі x	W_x	м ³	$5,16 \times 10^{-7}$	$W_x = \frac{mn^2}{6}$,

Момент опору перерізу відносно осі z	W_z	м ³	$7,40 \times 10^{-6}$	$W_z = \frac{nm^2}{6}$
Момент опору перерізу	W_p	м ³	$7,41 \times 10^{-6}$	$W_p = \frac{\frac{nm^3}{12} + \frac{mn^3}{12}}{\sqrt{\left(\frac{m}{2}\right)^2 + \left(\frac{n}{2}\right)^2}}$
Сумарний згинаючий момент	M_{Σ}	Н·м	264	$M_{\Sigma} = \sqrt{M_x^2 + M_z^2}$

Момент сил відносно осі x	M_x	Н·м	-54,9	$M_x = -y_{o_C} P_{екв} \sin \beta$
Момент сил відносно осі z	M_z	Н·м	-258,3	$M_z = -y_{o_C} P_{екв} \cos \beta$
Скручуючий момент (момент сил відносно осі y)	T	Н·м	-255,4	$T = P_{екв} (x_{o_C} \sin \beta - y_{o_C} \cos \beta)$
Сумарна поперечна сила	P_Σ	Н	$3,54 \times 10^3$	$P_\Sigma = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}$
Проекція еквівалентної сили на вісь x	P_x	Н	$-3,46 \times 10^3$	$P_x = -P_{екв} \cos \beta$
Проекція еквівалентної сили на вісь y	P_y	Н	0	$P_y \rightarrow 0$
Проекція еквівалентної сили на вісь z	P_z	Н	$-0,74 \times 10^3$	$P_z = -P_{екв} \sin \beta$
Координати точки прикладання еквівалентної сили	x_{o_C}	м	4×10^{-3}	
	y_{o_C}	м	$-7,46 \times 10^{-2}$	
	z_{o_C}	м	$8,3 \times 10^{-3}$	

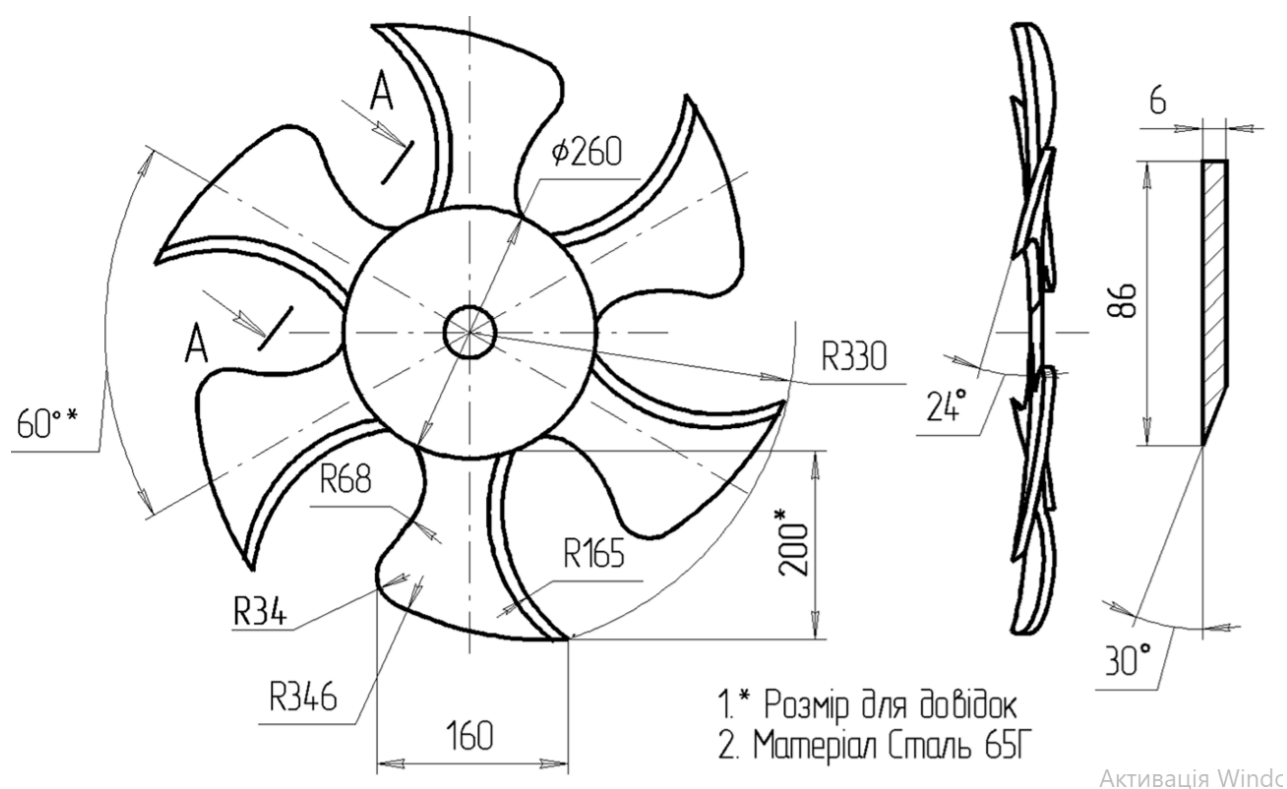


Рис.3.11. Оптимізований теоретичний профіль ротаційно-лопатевого ґрунтообробного робочого органу

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ

Класично, щоб отримати оцінку економічного ефекту від впровадження модернізованої дискової борони БДВ-3 проведемо порівняльний аналіз приведених затрат серійної та вдосконаленої конструкції машин із врахуванням регламенту техніко-експлуатаційних і економічних даних: продуктивності агрегату, чисельності обслуговуючих робітників, затрат пального, балансової вартості трактора та аграрної машини в агрегаті, експлуатаційних затрат приведених до одиниці роботи, питомих капіталовкладень і приведених затрат.

Експлуатаційні затрати на машинно-тракторний агрегат приведені до одиниці роботи:

$$S = Z + G + T_P + A, \quad (4.1)$$

де: Z – заробітна плата (додаткова і основна) з нарахуванням, грн; G – значення вартості паливо-мастильних матеріалів, грн/га; T_P – затрати на проведення поточного та капітального ремонтів і технічного обслуговування, грн; A – амортизаційні відшкодування, грн.

Підставивши значення у формулу (4.1) розраховуємо:

для серійної машини: $S_c = 37,3 + 390,44 + 236,5 + 211,2 = 875,44$ (грн/га);

для модернізованої машини: $S_m = 25 + 261,44 + 212,4 + 189,6 = 688,44$ (грн/га).

Заробітна плата персоналу, обслуговуючого машинно-тракторний агрегат:

$$Z = \frac{Z_M \cdot N \cdot K_m + Z_P \cdot N_P \cdot K_P}{W_Z}, \quad (4.2)$$

де: Z_M та Z_P – тарифні ставки за зміну, механізаторів та інших робітників, грн; N та N_P – чисельність механізаторів та інших робітників, чол.; K_m та K_P – коефіцієнти дооплати праці, механізаторів та інших робітників (бухгалтерія господарства);

W_Z – змінна норма виробітку, га.

Підставивши значення у формулу (4.2) розраховуємо:

- для серійної машини: $Z_c = \frac{394,5 \cdot 1 \cdot 1,3}{13,72} = 37,3 (\text{грн/га})$;
- для модернізованої машини: $Z_m = \frac{394,5 \cdot 1 \cdot 1,3}{20,51} = 25 (\text{грн/га})$.

Заробітна плата встановлюється, відштовхуючись від мінімального її рівня, зафіксованого законодавчо. Встановлений рівень заробітної плати повинні отримувати працівники, задіяні на виконанні ручних робіт у рослинництві, за 1-м тарифним розрядом. Встановлюємо тарифні ставки інших розрядів скориставшись міжрозрядними коефіцієнтами. Доплата праці встановлюється відповідно, фінансовому стану підприємства. Нарахування до фондів оплати праці (пенсійного забезпечення, соціального страхування, та інші) призначаються у розмірі 37,2% (для аграрних товаровиробників, які не є платниками фіксованого аграрного податку).

Рівень вартості паливо-мастильних матеріалів, затрачених на одиницю роботи агрегату:

$$G = q \cdot Ц; \quad (4.3)$$

де: q - затрати пального на одиницю роботи, кг/га; (дані технологічної карти)

$Ц$ - комплексна ціна пального і мастильних матеріалів, грн/кг.

Підставивши значення до формули (4.3) розраховуємо:

- для серійної машини: $G_c = 4,54 \cdot 86 = 390,44 (\text{грн/га})$;
- для модернізованої машини: $G_m = 3,04 \cdot 86 = 261,44 (\text{грн/га})$.

Затрати на проведення капітального, поточного ремонтів і технічного обслуговування (грн/га) машино-тракторного агрегату приведені до одиниці роботи:

$$T_P = \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{B_m \cdot Ч_m}{T_m} + \frac{B_{зч} \cdot Ч_{зч}}{T_{зч}} + \frac{B_M \cdot N_M \cdot Ч_M}{T_M} \right), \quad (4.4)$$

де: B_m , $B_{зч}$, B_M – показники балансових вартостей трактора, зчіпного пристрою і аграрної машини, грн. Визначається добутком балансової ціни енергетичного засобу, зчіпного пристрою і машини на коефіцієнт 1; $Ч_m$, $Ч_{зч}$, $Ч_M$ – показники норм відрахувань на проведення поточного та капітального ремонтів і технічного обслуговування трактора – (6,0%-14,5%), зчіпного пристрою –

14,0%, аграрної машини – 10,0%-14,0%; N_M – чисельність аграрних машин у агрегаті; W – показник продуктивності агрегату за годину змінного часу, га/год; T_m , $T_{3ч}$, T_M – річні зайнятості трактора, зчіпного пристрою і аграрної машини, год.

Підставивши значення до формули (4.4) розраховуємо:

- для серійної машини: $T_{Pc} = \frac{1}{100 \cdot 1,96} \cdot \left(\frac{172400 \cdot 14}{51,02} \right) = 236,5$ (грн/га);
- для модернізованої машини: $T_{Pm} = \frac{1}{100 \cdot 2,93} \cdot \left(\frac{172400 \cdot 14}{34,09} \right) = 212,4$ (грн/га).

Амортизаційні відрахування (грн/га) на машино-тракторний агрегат:

$$A = \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{B_m \cdot a_m}{T_m} + \frac{B_{3ч} \cdot a_{3ч}}{T_{3ч}} + \frac{B_M \cdot N_M \cdot a_M}{T_M} \right), \quad (4.5)$$

де: a_m , $a_{3ч}$ і a_M - норма амортизаційних відрахувань на трактор - (17,5%-19,5%), зчіпний пристрій – 14,2%; аграрну машину – (12,5%-14,2%).

Рівень амортизаційних відрахувань визначається згідно з тривалістю використання основних засобів на вирощування ярого ячменю, показника їх балансової вартості та нормативних відрахувань. Згідно з податковим кодексом норми амортизаційних відрахувань призначаються у відсотках відповідно балансовій вартості: для першої групи основних засобів - 5%, для другої групи основних засобів -25% та для третьої групи основних засобів - 15%.

Підставивши значення до формули (4.5) розраховуємо:

- для серійної машини: $A_c = \frac{1}{100 \cdot 1,96} \cdot \left(\frac{172400 \cdot 12,5}{51,02} \right) = 211,2$ (грн/га);
- для модернізованої машини: $A_m = \frac{1}{100 \cdot 2,93} \cdot \left(\frac{172400 \cdot 12,5}{34,09} \right) = 189,6$ (грн/га).

На основі розрахунків формул 4.2 – 4.5, скориставшись формулою 4.1 встановлюємо експлуатаційні витрати на машино-тракторний агрегат.

Значення питомих капіталовкладень, грн/га:

$$K_n = \frac{1}{W} \cdot \left(\frac{B_m}{T_m} + \frac{B_{3ч}}{T_{3ч}} + \frac{B_M \cdot N_M}{T_M} \right). \quad (4.6)$$

Підставивши значення до формулу (4.6) розраховуємо:

- для серійної машини: $K_{Pc} = \frac{1}{1,96} \cdot \left(\frac{172400}{51,02} \right) = 1689,5$ (грн/га);

- для модернізованої машини: $K_{\text{ПМ}} = \frac{1}{2,93} \cdot \left(\frac{172400}{34,09} \right) = 1517,2 \text{ (грн/га)}$.

Приведені витрати на машино-тракторний агрегат, грн/га:

$$\Pi = S + E_H K_n, \quad (4.7)$$

де: E_H - коефіцієнт нормативної ефективності капіталовкладень, $E_H = 0,15$.

Підставивши значення до формули (4.7) розраховуємо:

- для серійної машини: $\Pi_c = 875,44 + 0,15 \cdot 1689,5 = 1128,87 \text{ (грн/га)}$;
- для модернізованої машини: $\Pi_m = 688,44 + 0,15 \cdot 1517,2 = 916,02 \text{ (грн/га)}$.

Підвищення рівня економічної ефективності удосконаленої дискової борони, є наслідком збільшення продуктивності. Зростання показника годинної продуктивності агрегату, базується на покращенні технологічних параметрів робочої швидкості, що зросла з 10км/год до 12км/год, та коефіцієнта використання часу зміни, який зріс із 0,7 до 0,85. Значення економічного ефекту, від впровадження удосконаленої дискової борони:

$$E = (\Pi_c - \Pi_m) \cdot Q = (1128,87 - 916,02) \cdot 100 = 21285 \text{ (грн/рік)}. \quad (4.8)$$

де: Q – річний об'єм виробітку, га/рік.

Встановимо затрати на виготовлення однієї машини:

$$\begin{aligned} e &= Z_{\Pi} + B_e + H_{\text{с.в}} + B_A + K = \\ &= 4788 + 49,2 + 1771,6 + 1687,5 + 11250 = 19546,3 \text{ (грн)}. \end{aligned} \quad (4.9)$$

де: Z_{Π} - зарплата; 420 грн. за 7 годинний робочий день - фонд часу на виконання всіх робіт – 11,40 годин – 4788 грн; B_e - вартість витраченої електроенергії, 1 кВт год. – 4,1 грн; затрачено 12 кВт год - 49,2грн; $H_{\text{с.в.}}$ - нарахування на соціальні витрати - 37% від Z_{Π} - 1771,6 грн; B_A - затрати на амортизацію - 15% від K - 1687,5 грн; K – витрати матеріалу, грн:

$$K = G_m \cdot B_m = 225 \cdot 50 = 11250,0 \text{ (грн)} \quad (4.10)$$

де: G_m - маса металу, необхідна для виготовлення конструкції, $G_m = 225 \text{ кг}$;
 B_m - вартість металу; $B_m = 50 \text{ грн./кг}$.

Таблиця 4.1. Техніко-економічні показники порівнюваних борін

Техніко-економічні показники МТА	Значення показників	
	Дискова борона БДВ-3 модернізована конструкція	Дискова борона БДВ-3 серійна конструкція
Годинна продуктивність агрегату, га/год	2,93	1,96
Норма виробітку за зміну, га	20,51	13,72
Норма витрати палива, кг/год	8,91	8,91
Витрати пального, кг/га (вартість пального, грн/га)	3,04 (261,44)	4,54 (390,44)
Оплата праці, грн/га	25	37,3
Експлуатаційні витрати, грн./га	688,44	875,44
Питомі капіталовкладення, грн./га	1517,2	1689,5
Приведені витрати, грн./га	916,02	1128,87

Термін окупності модернізованої борони визначимо як:

$$P = e/E = 19546,3/21285 = 0,9 \text{ (року)} \quad (4.11)$$

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Нормативні акти охорони праці, які діють на підприємстві, опрацьовані і затверджені його керівником. Їх дія спрямована на вибудовування чіткої лінії управління охороною праці у господарстві та забезпечення належних умов праці.

З ціллю організованого виконання правових, лікувальних і профілактичних заходів, орієнтованих, на запобігання виникненню нещасних випадків, професійних захворювань та аварій у виробничому процесі, у ТОВ «Пилипчанське» створена служба охорони праці, яку знаходиться в підпорядкуванні одного фахівця з охорони праці.

Служба охорони праці (СОП) знаходиться у структурі підприємства, як одна з ведучих виробничо-технічних служб.

Залежно від кількості працівників і рівня складності та небезпеки виробничих процесів, СОП може функціонувати, як самостійний підрозділ.

Розрахунок кількості членів СОП у ТОВ «Пилипчанське» з числом робітників, більше 500 осіб проводиться за формулою:

$$M_1 = 2 + P_{CP} \frac{K_B}{\Phi} = 2 + 178 \cdot \frac{1,045}{1820} = 2,1(\text{чол}) \quad (5.1)$$

де: M_1 - кількісний склад СОП підприємства; P_{CP} - заявлена кількість працюючих осіб підприємства; Φ - ефективний фонд робочого часу фахівця з охорони праці, що рівний 1820 годин; K_B - коефіцієнт, шкідливості та небезпеки виробництва;

$$K_B = 1 + \frac{P_B + P_A}{P_{CP}} = 1 + \frac{5+3}{178} = 1,045 \quad (5.2)$$

де: P_B – кількість робітників, які працюють зі шкідливими речовинами різного рівня концентрації; P_A – кількість робітників, які працюють в умовах підвищеної небезпеки (максимально 3).

Забезпечення вимог охорони праці та ефективність роботи відповідної служби, у господарстві ТОВ «Пилипчанське», характеризується такими коефіцієнтами:

1. Коефіцієнт частоти травматизму $K_{\text{ч}}$ - кількість нещасних випадків на 100 робітників:

$$K_{\text{ч}} = \frac{n}{\Pi} \cdot 100 = \frac{1}{178} \cdot 100 = 0,57 \quad (5.3)$$

де: n - кількість нещасних випадків; Π - кількість працюючих.

2. Коефіцієнт складності травмувань $K_{\text{в}}$ - тривалість непрацездатності:

$$K_{\text{в}} = \frac{Д}{n} = \frac{32}{1} = 32 \quad (5.4)$$

де: $Д$ - загальна кількість непрацездатних днів.

3. Загальний коефіцієнт травматизму $K_{\text{заг}}$ - кількість непрацездатних днів на 100 працюючих:

$$K_{\text{заг}} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{в}} = \frac{Д}{\Pi} \cdot 100 = \frac{32}{178} \cdot 100 = 17,98 \quad (5.5)$$

4. Коефіцієнт частоти захворювань $K_{\text{з}}$ - на 100 працюючих:

$$K = \frac{3 \cdot 100}{\Pi}, \quad (5.6)$$

де: 3 – число випадків захворювань; Π – число працюючих.

5. Коефіцієнт складності захворювань $K_{\text{вз}}$:

$$K_{\text{вз}} = \frac{Д_{\text{з}}}{3}, \quad (5.7)$$

де: $Д_{\text{з}}$ – загальна сума днів непрацездатності.

6. Коефіцієнт небезпеки на робочих місцях $K_{\text{рм}}$:

$$K_{\text{рм}} = \frac{P_{\text{н}}}{P_{\text{з}}} = \frac{3}{124} = 0,023 \quad (5.8)$$

де: $P_{\text{н}}$ – число робочих місць, які не відповідають санітарних вимогам;

$P_{\text{з}}$ – сумарна кількість робочих місць.

7. Коефіцієнт наявних умов праці $K_{\text{п}}$:

$$K_{\text{п}} = \frac{\Pi_{\text{н}}}{\Pi} = \frac{5}{178} = 0,027 \quad (5.9)$$

де: $\Pi_{\text{н}}$ – число працівників, які виконують роботу, у невідповідних умовах.

8. Коефіцієнт небезпеки від машин $K_{\text{м}}$:

$$K_M = \frac{M_H}{M_3} = \frac{7}{274} = 0,024 \quad (5.10)$$

де: M_H – число машин і технічних вузлів, з невідповідністю нормативним вимогам, шт; M_3 – загальна кількість машин і технічних вузлів, шт.

9. Коефіцієнт небезпек від будівель та споруд:

$$K_B = \frac{B_H}{B_3} = \frac{2}{12} = 0,16 \quad (5.11)$$

де: B_H – кількість будівель та споруд, з невідповідними нормативними вимогами, шт.; B_3 - загальна кількість споруд, шт.

Інформація для проведення розрахунків вибирається із електронного реєстру нещасних випадків (захворювань, виробничих травм, гострих отруєнь). Отримані результати показників заносяться до спеціальних документів.

5.1. Вимоги до технічних засобів аграрного виробництва.

Будова енергетичних засобів і самохідних аграрних машин повинна відповідати діючим вимогам охорони праці. Такі вимоги носять регламент державних нормативних актів та технічної документації.

Формулювання загальних вимог.

1. Конструктивна будова тракторів, енергетичних засобів, самохідних аграрних машин, причіпних, напівначіпних, начіпних аграрних машин, агрегатів, причепів і знарядь, якими виконуються аграрні роботи, повинна відповідати діючим стандартам безпеки праці.

2. Ведення, після ремонту, в експлуатацію аграрних машин і обладнання відбувається тільки на підставі акту ремонтної організації, який регламентує відповідність відремонтованого обладнання вимогам безпечної роботи.

3. Технічні засоби, механізми, вузли і транспорт, які впроваджуються у виробництво, із зазначеними стандартами безпеки праці, життєдіяльності і здоров'я людей, повинні мати наявні сертифікати безпечного їх використання, видані за встановленим порядком.

Закордонні машини, технічні засоби, обладнання і транспорт, вводяться до експлуатації лише за відповідності їх нормативним актам охорони праці та охорони навколишнього середовища, чинних в Україні.

Несправні технічні засоби і обладнання, не допускаються до експлуатації.

Вимоги до енергетичних засобів і самохідних аграрних машин.

1. Аграрні трактори, тракторні самохідні шасі, промислові модифікації аграрних тракторів тягового класу, від 0,6 та вище і самохідні аграрні машини, повинні відповідати стандартам охорони праці.

2. Засоби малої механізації в аграрному виробництві повинні відповідати ДСТУ 3158-95.

3. Кабіни енергетичних засобів і машин мають відповідати стандартам та ДНАОП 0.03-1.41-87 (СП №4282-87).

2.4. Кабіна повинна бути захищеною від атмосферних опадів: мати світлозахищений дах з внутрішньою еластичною оббивкою.

2.5. Кабіни тракторів повинні мати у наявності, не менше 3-х аварійних виходів.

У якості аварійних виходів, можуть слугувати двері, вікна та люки, можливістю відкриття без допоміжного інструменту.

Час на відкриття аварійного виходу не повинен бути більшим за 3 сек.

2.6. Панель контрольних приладів повинна мати підсвічування світлом.

2.7. Забороняється заміна конструкції гальмівних систем, а також використання окремих гальмівних елементів системи, які не передбачені для даної моделі машини.

2.8. Протяжність гальмівного шляху, повинна відповідати вимогам стандартів

2.10. Конструкція вихлопної системи двигуна має гасити іскри, до виходу відпрацьованих газів у атмосферу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ляшенко С.В., Падалка В.В. Удосконалення малої механізації // Вісник Полтавської державної аграрної академії. - 2013. - № 1. - С. 151–154.
2. Пастухов В.І., Бакум М.В., Ащук А.Д. До обґрунтування енергозберігаючої механізованої технології... // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - 2014. - С. 106–114.
3. Пастухов В.І., Беловол С.А. Енергетичний аналіз роботи ротаційного органу // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - 2015. - Вип. 156. - С. 126–134.
4. Пастухов В.І., Браженко С.А. Дослідження процесу деформації ґрунту - Кіровоград, 2013. - С. 16–18.
5. Рожнятовський А.О., Купріянов С.І., Лященко С.А., Марценюк Я.Ю. Дослідження впливу робочих органів культиваторів // Механіка та автоматика агропромислового виробництва. - 2023. - Вип. 3 (117). - С. 30–36. 19–21. Електронні ресурси українських видань.
6. Юрчук В.П., Святина М.А. Геометричне обґрунтування форм нового ґрунтообробного диска. - Кіровоград, 2013. - С. 19–21.
7. Демчак І.М., Полешук А.О., Кисляченко М.Ф., Кононенко В.В. Нормативи повної енергомісткості ресурсів для вирощування основних сільськогосподарських культур. - Київ:НДІ" Укراгропромпродуктивність, 2011. - 160с.
8. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. У 2 т: Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; За ред. А.В. Рудя. – К.: Агроосвіта, 2012. – 434 с
9. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.
10. Д. Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк, Сільськогосподарські машини: Підручник Т. – К.: Каравелла, 2018 – 552 с.

11. Річний звіт господарства за 2023-2025 рр.
12. Голінько В.І., Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
13. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Ю. Скобло, В. Цапко, Д. Мазоренко, Л. Тіщенко,; Ред. В.Г. Цапко. -4-те вид., перероб. і доп.. - К.: Знання, 2006. -397 с.
14. Ґрунтообробний робочий орган [Текст]: патент на корисну модель 44624: МПК А01В 13/00. / С.І. Шмат, К.Д. Матвєєв, П.Г. Лузан та ін.; власник патенту Кіровоградський національний технічний університет.– № 200904109; Заявл. 27.04.09; Опубл. 12.10.2009. Бюл. №19.– 2 с.
15. Посібник. Машина для обробітку ґрунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. – Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.
16. Сало В.М. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві / Сало В.М., Богатирьов Д.В., Лещенко С.М., Савицький М.І. // Техніка і технології АПК. Науково-виробничий журнал. №10(61), 2014. – С 16-19. Сільськогосподарські машини: Посібник / М.В. Бакум та ін.; за ред. М.В. Бакума. – Х.: ХНТУСГ, 2008.– 284 с.
17. Загальне землеробство: Підручник / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко та ін.; За ред. В.О. Єщенка. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с
18. Боженко В.О., Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник /– К.: Аграрна освіта, 2009. –420 с.
19. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Навч. посібник / Д. Г. Войтюк та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. – 543 с.
20. Демчак І.М., Полешук А.О., Кисляченко М.Ф., Кононенко В.В. Нормативи повної енергомісткості ресурсів для вирощування основних сільськогосподарських культур. - Київ:НДІ" Укراгропромпродуктивність, 2011. - 160с