НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин
(назва кафедри)
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
_____ Гуменюк Ю.О.___.
(підпис) (ПІБ)
«_____» _____2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

на тему: «МЕХАНІЗАЦІЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З УДОСКОНАЛЕННЯМ КОНСТРУКЦІЇ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТА»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. _____ **Братішко В.В.**
(підпис)

Керівник дипломного проекту

к.т.н., доц._____ _____ **Гуменюк Ю.О.**
(підпис)

Виконала _____ **Кравець С.О.**
(підпис)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет Механіко–технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
_____к.т.н., доц._____ Гуменюк Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)
«23» жовтня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
на виконання дипломного проекту бакалавра студенту
_____Кравець Софії Олексіївни_____
(прізвище, ім'я, по батькові)
Спеціальність 208 «Агроінженерія_____
(код і назва)
Тема дипломного проекту бакалавра «Механізація обробітку ґрунту з удосконаленням конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегата»
затверджена наказом ректора НУБіП України від «22» жовтня 2025р. № 510 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру_____
(рік, місяць, число)
Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Нормативно-технічна документація, інструкція з експлуатації базової машин, глибина обробітку - 12 см.; наукова література; матеріали мережі інтернет_____
Перелік питань, котрі потрібно розробити:
1. Аналіз існуючих систем обробітку ґрунту._____
2. Огляд конструкцій машин комбінованого обробітку ґрунту._____
3. Технологічний розрахунок параметрів удосконаленої машини._____
4. Заходи з охорони праці._____
5. Техніко-економічне обґрунтування удосконаленої машини._____

Перелік графічних документів: 1 – Комбінований ґрунтообробний агрегат (загальних вигляд); 2 – Схема гідравлічна принципова; 3 – Карта операційна; 4- Робочий процес удосконаленої машини; 5 - Таблиця потенційних небезпек (охорона праці); 6 – Техніко-економічна ефективність удосконаленої машини.

Дата видачі завдання «23» жовтня 2025 р.
Керівник дипломного проекту бакалавра _____ Гуменюк Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
Завдання прийняв до виконання _____ Кравець С.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 6

ВСТУП 8

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 10

1.1 Характеристика господарської діяльності сільськогосподарського підприємства 10

1.1.2 Ґрунтово-кліматичні умови господарства 11

1.1.3 Земельні ресурси господарства 13

1.1.4 Виробнича діяльність у рослинництві 13

Структура посівних площ господарства наведена у таблиці 1.2. 13

1.1.5 Машинно-тракторний парк та його використання 14

1.2 Вплив наявних агротехнічних методик обробітку ґрунту на якість його підготовки 17

1.3 Огляд сучасної ґрунтообробної техніки та ефективність її застосування . 24

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАШИН КОМБІНОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ 29

2.1 Аналіз конструктивних особливостей машин передпосівного обробітку ґрунту 29

2.2 Основні завдання обробітку ґрунту 37

2.3 Огляд технологічних процесів обробітку ґрунту 39

2.4 Характеристика знарядь та форми робочих поверхонь ґрунтообробних машин передпосівного обробітку 40

2.5 Розроблення операційної технології передпосівного обробітку ґрунту при посіві зернових культур 45

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ 48

3.1 Розроблення конструктивно-технологічної схема комбінованої ґрунтообробної машини 48

3.2 Розрахунок основних параметрів ґрунтообробних робочих органів 50

3.3 Розрахунки показників тягового опору комбінованого ґрунтообробного агрегата 62

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 66

4.1 Стан охорони праці сільськогосподарського підприємства 66

4.2 Заходи охорони праці при виконанні ґрунтообробних операцій 67

4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища 75

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ 78

5.1 Визначення економічного ефективності удосконалення комбінованого ґрунтообробного агрегату 78

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 86

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ 88

РЕФЕРАТ

Робота над дипломним проектом охоплює 90 сторінок тексту, містить 13 таблиць, 25 ілюстрацій, перелік використаних джерел, що складається із 33 позицій, а також 17 додатків.

Суттєва значущість обраної теми дипломної роботи зумовлена нагальною потребою обрання такого ґрунтообробного знаряддя, яке б відзначалося високою продуктивністю, відмінною якістю роботи та надійністю, повністю відповідаючи при цьому критеріям сучасних агротехнологій обробітку ґрунту та будучи багатофункціональним.

Завданням цього дипломного проєкту є покращення конструкції комбінованого агрегату для опрацювання ґрунту шляхом заміни його робочих елементів на такі, що мають кращі експлуатаційні характеристики.

У першому розділі роботи детально висвітлено профіль сільськогосподарського господарства, проведено розгляд існуючих методик обробітку ґрунту та огляд асортименту сучасної ґрунтообробної техніки.

Другий розділ проєкту присвячений дослідженню конструкційних особливостей машин для комплексного обробітку ґрунту та визначенню потенційних шляхів подальшого вдосконалення даних машин.

В межах третього розділу виконано розрахунки параметрів модернізованих робочих органів, що використовуються в комбінованому ґрунтообробному агрегаті, а також визначено відповідні показники тягового навантаження.

Четвертий розділ проєкту містить аналіз стану безпеки праці на агропромисловому підприємстві та пропозиції щодо заходів запобігання нещасним випадкам під час виконання операцій з обробітку ґрунту.

П'ятий розділ зосереджений на розрахунках техніко-економічних показників модернізованого комбінованого ґрунтообробного агрегату.

Ключові терміни: агротехнологія, опрацювання, ґрунтове середовище, багатофункціональний ґрунтообробний агрегат, рентабельність, опір тязі.

ВСТУП

Стан оранки та обробітку землі в Україні справді викликає суперечливі думки. З одного боку, це значний, понадсторічний досвід наукових досліджень і виробничих випробувань з величезною кількістю камеральних та польових дослідів з відпрацьованою системою виробничого впровадження, а з іншого боку - нинішня гостра криза, яка склалася в сільськогосподарському машинобудуванні з приходом на ринок України закордонної сільськогосподарської техніки та технологій, які пропагують інші підходи до обробітку ґрунту.

У межах України, паралельно із впровадженням сучасних методів землеробства, застарілий спосіб обробки ґрунту, що базується на застосуванні лемішних плугів, досі утримує 38 % частки Лінійка плугів поповнюється новими типами: оборотними, поворотними, плугами зі змінною шириною захвату та різною кількістю корпусів (від 2 до 16). Проте польцива оранка як і раніше, лишається процесом, що вимагає найбільшої затрати енергоресурсів та є вкрай витратним, а у певних агрокліматичних регіонах - навіть шкідливий для ґрунтового покриву. Додатково, цей класичний підхід вимагає виконання післяоранкових операцій (таких як боронування чи культивація), на які також витрачаються суттєві енергоносії. Така надмірна активність спричиняє деградацію водно-агрегатного стану ґрунту, сприяє його десикації, руйнуванню природного балансу екосистеми ґрунту, стимулює ерозійні процеси та призводить до виснаження запасів гумусу.

Перелічені дефекти застарілих аграрних методів зумовлюють необхідність впровадження інноваційних стратегій ґрунтообробітку, а також новітнього обладнання та інвентарю для роботи з ґрунтом.

На сучасному етапі розвитку сільського господарства підходи до обробки землі суттєво трансформуються: скорочується перелік необхідних заходів,

зростають критерії до якості самого обробітку, а також до пунктуальності виконання завдань і здатності ґрунту зберігати вологу. Як наслідок, актуальне ґрунтообробне устаткування мусить відповідати критеріям, що стосуються технологій ґрунтообробки на різних глибинах.

У прагненні не втрачати кроку із сучасними трендами, переймаючи напрацювання ключових світових виробників машин для обробітку ґрунту, низка українських машинобудівних підприємств запустила випуск техніки для ґрунтообробки. Ця техніка, з огляду на її технічні характеристики (високий рівень виконання, довговічність, стійкість до зносу робочих компонентів та інше), тепер не поступається провідним світовим аналогам. Тим не менш, з ряду обставин наша країна досі залишається у залежності від імпортованої техніки, що спричиняє негативні наслідки як в економічному, так і в соціальному плані, оскільки це призводить до знецінення вітчизняного, науково-технічного й виробничого надбання.

З огляду на це важливим завданням сучасного виробництва є ретельний перегляд агротехніки та технологій машинобудування щодо відповідності ресурсозбереження. Вкрай важливим є відтворення машинно-тракторного парку аграрних підприємств шляхом наповнення його високотехнологічними машинами. У технологіях обробітку ґрунту це мають бути машини, які забезпечують ґрунтозахисний характер виконання процесу, сприяють відновленню родючості ґрунту і, одночасно з енергозбереженням, сприяють підвищенню урожайності та зниженню собівартості вирощеної продукції.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1 Характеристика господарської діяльності сільськогосподарського підприємства

Приватне підприємство «Чайківка» було засноване 9 березня 2006 року і відразу позиціонувало себе як багатопрофільне сільськогосподарське підприємство. Основна його діяльність рослинництво в поєднані з тваринництвом (вівчарство). У сфері рослинництва підприємство спеціалізується на вирощуванні зернових, бобових, олійних та овочевих культур. Це дозволяє диверсифікувати виробництво, знижувати ризики, пов'язані з погодними умовами, та ефективно відповідати на зміни ринкового попиту.

Засновником і незмінним керівником підприємства є Тищенко Григорій Віталійович. Основною метою заснування стала успішна комерційна діяльність, спрямована на отримання стабільного прибутку. За роки свого існування ПП «Чайківка» здобуло репутацію відкритого та прозорого підприємства, будучи сумлінним платником податків як на місцевому, так і на державному рівнях.

Виробнича база підприємства вражає своєю масштабністю. Машинно-агрегатний парк налічує 69 одиниць техніки, що дозволяє ефективно виконувати всі технологічні операції. Господарство активно використовує високотехнологічну іноземну техніку від провідних світових виробників.

Його машинний парк включає трактори JD 8530, Case 310, Challenger 765B, комбайни Claas Lexion 760, CASE IH 6140,Claas Medion 310, обприскувачі CASE IH і John Deere, навантажувачі JCB, Manitou, а також ґрунтообробні культиватори John Deere. Наявність такої сучасної техніки є свідченням прагнення підприємства до автоматизації процесів та підвищення якості обробки ґрунту, що безпосередньо впливає на обсяги та якість врожаю.



Рис.1.1. Поля ПП «Чайківка»

Незважаючи на те, що підприємство не є публічним, його виробничі досягнення за останні роки демонструють стабільне зростання. Господарство показує високі показники врожайності сільськогосподарських культур. Підприємство має конкурентоспроможні ціни, оскільки працює без посередників, що дозволяє пропонувати клієнтам вигідні умови. ПП «Чайківка» за період свого існування здобуло значну довіру вітчизняних виробників і постачальників, з якими підтримує тісну співпрацю. Підприємство також відіграє важливу соціальну роль у регіоні, створюючи значну кількість робочих місць і активно співпрацюючи з міським центром зайнятості для працевлаштування місцевого населення.

1.1.2 Ґрунтово-кліматичні умови господарства

Радомишльський район, де розташоване господарство ПП «Чайківка» (рис.1.1), знаходиться в зоні Полісся, яка характеризується помірно континентальним кліматом. Цей клімат відзначається теплим, вологим літом та

м’якою, часто сніжною зимою, що створює сприятливі умови для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Середньорічна кількість опадів у цьому регіоні становить 600-700 мм, з яких основна частина випадає впродовж вегетаційного періоду, що є ключовим фактором для розвитку зернових.

Переважаючим типом ґрунтів у Радомишльському районі є дерново-підзолисті ґрунти. Вони сформувалися під лісовою рослинністю і мають свої характерні особливості, які безпосередньо впливають на технологію вирощування озимої пшениці. Ці ґрунти зазвичай мають легкий механічний склад - супіщані та піщані, що забезпечує хорошу аерацію та водопроникність, але водночас вони мають низький вміст гумусу, що є головним показником їх невисокої природної родючості. Це зумовлює необхідність внесення органічних та мінеральних добрив. Крім того, дерново-підзолисті ґрунти характеризуються підвищеною кислотністю (pH 4.5-5.5), що вимагає проведення вапнування для нейтралізації кислотності та покращення умов для росту рослин.

Кліматичні особливості регіону також мають значний вплив на технологічні операції. Середня температура січня коливається від −5°C до −7°C, тоді як у липні вона становить +18°C до +20°C. Це забезпечує оптимальний температурний режим для вегетації озимої пшениці. Наявність стабільного снігового покриву в зимовий період є критично важливим для захисту посівів від вимерзання, що є однією з головних проблем при вирощуванні озимих культур. Також варто враховувати можливість весняних та осінніх заморозків, які можуть впливати на терміни посіву та розвиток рослин.

Враховуючи ці ґрунтово-кліматичні умови, технологія вирощування озимої пшениці на підприємстві «Чайківка» має бути спрямована на покращення родючості дерново-підзолистих ґрунтів та оптимізацію водно-повітряного режиму. Це досягається завдяки обґрунтованому вибору машин та застосуванню інтенсивних технологій обробітку ґрунту, що дозволяє отримати високі та стабільні врожаї, навіть в умовах зниженої природної родючості ґрунтового покриву.

1.1.3 Земельні ресурси господарства

Таблиця 1.1

Площі земельних угідь господарства

Види угідь	Площа, га	В % до загальної площі
Всього земельні угіддя	3750	100
- сг угіддя	3500	93.3
з них рілля	3500	93.3
господарські двори	40	1.07
господарські шляхи	70	1.87
- в т.ч. лісосмуги	140	3.73

Господарство «Чайківка» володіє значним земельним фондом площею 3750 га. Більшість цієї території 93,3% становлять сільськогосподарські угіддя, вся площа земель, відведених під сільське господарство в ріллі 3500 га.

1.1.4 Виробнича діяльність у рослинництві

Структура посівних площ господарства наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Структура посівних площ, га

	2023 рік	2024 рік	2025 рік	
	га	га	га	%
1	2	3	4	5
Зернові, всього,	1478	1124	1457	40.85
- пшениця	795	827	896	25.12
- кукурудза	464	168	281	7.88
- сорго	219	0	0	0
- овес	0	109	252	7.07
- овес-вика	0	20	28	0.79
Тех. культури, всього	1581.5	2212	1926	54
- соняшник	1168.5	713	692	19.4
- ріпак	279	505	653	19.4

продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5
- соя	111	293	284	7.96
- льон	23	272	0	0
- олійна редька	0	52	22	0.62
- гірчиця	0	28	0	0
- люпин	0	308	275	7.71
- квасоля	0	41	0	0
Картопля	175.7	151	184.1	5.16

У 2025 році співвідношення площі культур становить 54% технічних культур, 40,85% зернових культур.

1.1.5 Машинно-тракторний парк та його використання

Обладнання господарства включає розширений парк машинних агрегатів (табл.1.3).

Таблиця 1.3

Наявність енергетичних засобів в господарстві

№ п/п	Марка трактора	Кількість, шт.
1	John Deer 8530	3
2	Challenger 765B	1
3	Case IH Magnum 310	2
4	МТЗ-82	3
5	МТЗ-80	1
6	МТЗ-82	1
7	John Deer 7920	1
8	МТЗ 1221	4
9	Case IH JX 110	2

Шість потужних імпортних тракторів моделей JD 8530, Case 310, Challenger 765B забезпечують ефективне виконання енергоємних операцій (оранка, глибоке розпушування) на великій площі - 3500 га ріллі.

Таблиця 1.4

Наявність автотранспорту в господарстві

№ п/п	Марка автомобіля	Кількість, шт
1	Fiat Doblo Combi	1
2	ВАЗ 212140	1
3	ГАЗ-52-05 20-83	1
4	ГАЗ-53б 48-90	1
5	ГАЗ-САЗ-3507 54-34	1
6	ГАЗ-53-12 АЦУ-10 67-00	1
7	TOYOTA HILUX	1
8	ЗІЛ 431412	1
9	КАМАЗ-45142	1
10	ГАЗ-53-12 ЦС-347	1
11	ЗІЛ-ММЗ-554м	1
12	ГАЗ-53 81-57	1
13	ГАЗ-САЗ-3507 12-76	1
14	ЗІЛ-4331 41-39	1
15	ЗІЛ ММЗ 45-02 07-25	1

Ключовою функцією автотранспортного парку є логістичне забезпечення сільського господарства, про що свідчить його переважно вантажна структура. Наявність спеціалізованих самоскидів (наприклад, КАМАЗ-45142, ГАЗ-САЗ-3507) є необхідною умовою для оперативного збору врожаю. Дванадцять вантажних одиниць вважаються достатніми для покриття потреб у перевезеннях (включаючи внутрішні та міжгосподарські) на площі 3500 га в ріллі, зокрема під час пікових навантажень.

Таблиця 1.5

Наявність сільськогосподарських машин в господарстві

№ п/п	Сільськогосподарська машина	Марка сільськогосподарської машини	
1	Телескопічний навантажувач	JCB 531-70	1
2	Телескопічний навантажувач	Manitou MLT-X 732	1
3	Комбайн	Case IH 6140	1
4	Комбайн	Claas Lexion 760	2
5	Комбайн	Claas Medion 310	1
6	Комбайн	Case -2388	1
7	Оприскувач	John Deere 4830	1
8	Оприскувач	Case IH Patriot SPX3330	1
9	Картопле-сажалка	Grimme GL 430	2
10	Комбайн	Grimme SE 260 UB	2
11	Борона дискова	БДТ-7	3
12	Розкидач добрив	РН-1.0	2
13	Плуг	Майстер А6	3
14	Зубова борона	БШН-21	2
15	Дискова борона	Vaderstad Carrier 2021	2
16	Культиватор	Технополь АК-8.5	2
17	Культиватор	КРН-4,2Г	3
18	Культиватор	John Deere 980	2
19	Протруювач насіння	ПЗШ-160	2
20	Культиватор	КПЕ 3.8	1
21	Сівалка зернова	СЗФ-4000-V	1
22	Сівалка зернова	Kverneland Optima TF Max	1
23	Сівалка зернова	Planter 4,0-V	3
24	Жатка	ЖВП-6А	2
25	Жатка	Case IH 1030	1
26	Жатка	Case IH 2020	1
27	Жатка	Claas Conspeed Corio 670C	2
28	Очисник насіння	ОВС-25ЦУ	3
29	Зернонавантажувачі	ЗПС-100А	1

Наявність 5 комбайнів на 3500 га ріллі, особливо з урахуванням високопродуктивних Claas Lexion 760 2 шт. Це дозволяє провести збирання врожаю в стислі терміни. А наявність 2 самохідних обприскувачів (JD 4830, Case Patriot) є ідеальним рішенням для великих площ. Самохідні машини забезпечують високу швидкість та продуктивність обробки, що є критичним для своєчасного захисту рослин. 2 телескопічні навантажувачі (JCB, Manitou) необхідні для швидкого завантаження/розвантаження зерна, добрив, тюків та виконання інших логістичних операцій, що значно підвищує ефективність роботи на токах і складах.

1.2 Вплив наявних агротехнічних методик обробітку ґрунту на якість його підготовки

Чим глибше дослідники проникають у розуміння процесів, що відбуваються у шарі, де розвивається коріння рослин, то радикальніше трансформуються їхні уявлення про методики ґрунтообробітку з огляду на збереження плодючості землі. Експерти схиляються до думки, що родючість ґрунту залежить від наявності в ньому гумінових кислот водночас, вирішальну роль відіграють фізико-механічні (структурні особливості ґрунту, організація кореневмісного горизонту), агрохімічні (рівень pH, концентрація та доступність поживних речовин, тощо) та біологічні (фітосанітарний стан, рівень біоактивності) характеристики ґрунту. Зважаючи на останній – біологічний аспект – виникла гіпотеза про необхідність агротехнічних заходів, спрямованих на покращення цих показників. Технології мінімального та нульового обробітку мають на меті значно вдосконалити структуру ґрунту, наблизивши її до природного стану. При цьому стверджується, що разом із покращенням структури, оптимізуватимуться водно-повітряний та температурний режими ґрунту, а завдяки розкладанню рослинних решток відбудеться помітне зменшення виносу ключових живильних елементів. У перспективі це має призвести до збільшення родючості ґрунту та підвищення екологічності самого процесу його обробки. Основне кредо, яке «просувають» прихильники

безполицевого обробітку – цитата від одного з головних ідеологів цього напрямку, М.К. Шикули: «Природа ніколи не орала, а лише сіяла…» – хоча звучить вельми палко, досі не має суттєвого наукового підґрунтя і не підтверджена практикою. При цьому розробники цих концепцій не беруть до уваги, що природа також «не збирає» урожай, не керується нашими потребами, а функціонує відповідно до власних законів.

Інший кут зору на цю проблему викладений у концепціях академіка В.І. Вернадського, де ґрунту надається статус біокосного утворення, наділеного внутрішніми процесами, подібними до тих, що спостерігаються у живих істот або у відкритих термодинамічних ансамблях.

Лише змога всмоктувати енергію ззовні та застосовувати її для здійснення внутрішніх перетворень - ось що виокремлює ці системи від тих, що замкнені, яким притаманне лише неминуче прагнення до зростання внутрішньої хаотичності, тобто до спрощення. Як зазначав В.І. Вернадський, завдяки своїй не замкненості термодинамічні системи демонструють стабільне спрямування до ускладнення. Таким чином, рівень відкритості термодинамічної системи напряму корелює з інтенсивністю метаболічних процесів у ній та швидкістю циркуляції атомів, що формують біосферу.

Протягом значного періоду часу шукаючи розв'язання цієї дилеми: частина науковців наполягала на тому, що вирішальне значення для рослин має наявність у кореневому ложі ґрунту гумусу - сукупності органічних кислот, які функціонують як своєрідний «реактор», де залишки органічних і мінеральних сполук розпадаються на невеликі складові, готові до засвоєння кореневим апаратом. Однак, на інтенсивність цього «реактора», і значною мірою на подальшу побудову новоутворених елементів після процесу розпаду, впливають фактори, які залишаються поза контролем.

Переносячи логіку наших попередніх міркувань на процеси, що розгортаються у прикореневій зоні ґрунту, варто констатувати: саме діяльність, пов'язана з енергійним перемішуванням ґрунтових горизонтів (тобто їх розпушенням), формує умови неорганізованого середовища, яке стимулює

посилений метаболізм. Це твердження чинне й щодо мікроскопічних мешканців верхнього шару (ґрунтових організмів), які власне і задають тон ферментативним реакціям мінералізації. Напрацювання науковців засвідчують: слідом за механічним втручанням фіксується тимчасове скорочення (вибування) мікроскопічних форм життя у ґрунті. Проте, вже за короткий проміжок часу їхня популяція не просто повертається до попереднього стану, а й значно перевищує ту кількість, що вважалася стабільною (гомеостатичною). Це, у свою чергу, провокує динамічніше функціонування ґрунтової системи як такої.

Приймаючи до уваги усі вищевикладені моменти, сучасні аграрні практики, які характеризуються високою інтенсивністю, повинні спиратися на методики ґрунтообробітку, котрі залучають механічний рух та змішування ґрунтових горизонтів. Це, у свою чергу, стимулює прискорення метаболічних реакцій у ґрунті.

Крім того, існує ще один надзвичайно значущий аспект, прямо залежний від способу обробки землі, що має менший стосунок до формування ґрунту, але суттєво впливає на економічні показники, а саме - витрати пального на одиницю площі. При мінімальному чи безполицевому обробітку ці витрати є меншими на 60-70% порівняно із традиційним оранням. Ігнорувати цей чинник, особливо в період загострення енергетичних проблем, є абсолютно неприпустимим.

Отже, цілком зрозуміло, що лише завдяки вдалому збігу обставин, коли заходи щодо активного перемішування ґрунту поєднуються з поступовим зменшенням впливу робочих органів на нього, можна досягти задовільних наслідків. Звідси випливає нагальна потреба у знаходженні методів, які б уможливили інтеграцію інтенсивного ґрунтообробітку з одночасним зменшенням механічного втручання.

Найвигідніші умови для розвитку хімічних, фізико-хімічних та біологічних реакцій забезпечуються за умови найбільш сприятливої будови ґрунтового покриву. За допомогою числових експериментів доведено, що ґрунти, зони рівноважної щільності яких лишаються нижчими від оптимальних показників для певної культури, не потребують щорічної механічної обробки. Для

переважної кількості польових рослин ідеальний рівень ущільнення ґрунту знаходиться в межах від 1,1 до 1,3 грама на кубічний сантиметр.

Щільність ґрунту - величина змінна, що має тенденцію до зростання під дією різних чинників. У зв'язку з цим, д ля виходу на бажаний рівень ущільнення потрібне його розпушення. Ступінь механічної обробки, необхідний для досягнення ідеальних умов на різних типах ґрунтових покривів, значною мірою визначається величиною розбіжності між оптимальною та рівноважною щільністю (тією, що відновлюється під впливом внутрішніх та зовнішніх сил), а також тим, як швидко відбувається повернення до цього рівноважного стану.

Цілком очевидним є той факт, що розпушення земельної ділянки має бути націлене на формування та збереження потрібної ґрунтової структури, проте ступінь інтенсивності робочого впливу на різні різновиди ґрунтів має відрізнятися. Дерново-підзолисті ґрунти, які не мають вираженої структури, схильні до сильнішого ущільнення у порівнянні з добре структурованими чорноземами, відповідно, вони вимагають більш інтенсивних агротехнічних заходів. Серед механічних обробок суглинкові ґрунти ущільнюються швидше, аніж ґрунти з піщаним чи супіщаним складом.

Земля - це механізм, що сам себе підтримує, здатний у певних межах відновити свою родючість природним шляхом. Проте ця характеристика не гарантує повного збереження виробничої здатності ґрунту, а вже тим більше її поліпшення. У незайманих природних умовах, на цілинних чи залишених під паром ділянках, родючість ґрунту має стійку схильність до зростання, що відбувається завдяки акумулюванню енергії сонця.

Рослинний світ бере живлення з довкілля, залишаючи у землі після себе більше поживних елементів, аніж було витрачено протягом їхнього життєвого циклу. Проте цей природний приріст родючості миттєво обривається, як тільки людина починає вилучати органічну масу у формі врожаю (будь то зернові, коренеплоди чи нетоварна частина врожайності). Баланс порушується, і тут починає діяти правило компенсації: вкрай необхідно повернути в ґрунт хоча б ту

частку поживних речовин, яку було вилучено з попереднім урожаєм. По суті, це правило повернення є нічим іншим, як законом збереження матерії.

За даними чисельних експериментів, розходження орного шару ґрунту за критеріями його родючості є найбільш виразним саме на чорноземах. Неоднорідна структура таких ґрунтів змушує кореневу систему рослин розміщуватися переважно у верхніх шарах при технології обробітку без оранки. В умовах дефіциту вологи це загострює вплив посухи, оскільки верхній горизонт (0-10 см) швидко висихає. Натомість, у глибших шарах (10-30 см), волога може зберігатися аж до середини літа (як це проявилося, наприклад, торік, у 2025 році). Таким чином, у ґрунті створюється складна дилема: сконцентровані у верхньому шарі доступні поживні елементи збігаються з дефіцитом вологи, тоді як достатність вологи спостерігається там, де живлення обмежене. Довготривале застосування нульового обробітку, особливо без паралельного застосування гербіцидів, неминуче призводить до значного падіння продуктивності сівозмін.

Окрім раніше згаданого, кліматичні зміни, зокрема глобальне потепління, створюють ще одну суттєву перешкоду для аграрної діяльності. Наприклад, протягом 2024 року в семи регіонах України спостерігалися періоди, коли ефективні опади не випадали від 7 до 62 діб поспіль, при цьому максимальна температура повітря сягала 35–41 градусів за Цельсієм. Під час цих екстремальних умов, ґрунт, оброблений за усталеними методиками, нагрівався до 62–67 градусів на поверхні.

Існуюча, традиційна система ґрунтообробітку не спроможна одночасно сприяти утриманню додаткової вологи та запобігати інтенсивному прогріванню земельних ділянок. Натомість, міжнародний досвід чітко демонструє, що в умовах надзвичайної спеки та тривалої посухи найбільш виправданим і ефективним рішенням є впровадження технологій нульового обробітку (No-Till).

Наразі у світі технологія нульового обробітку (No-Till) охоплює площі, що наближаються до 96 мільйонів гектарів. Найбільше ця методика прижилася у Сполучених Штатах Америки, де вона займає 25,8 мільйона гектарів (що становить 23% від усіх ріллі), Бразилії - 23,6 мільйона гектарів (при цьому

охоплено 60% усіх орних земель), Аргентині - 18,3 мільйона гектарів (60 % ріллі), а також у Канаді - 12,5 мільйона гектарів. Перелічені держави на даний час формують ядро світового експорту зернових культур.

Згідно з таблицею 1.6, наведено відомості, які дають змогу проаналізувати переваги, що надаються різними агротехнологіями обробітку ґрунту.

Таблиця 1.6

Оцінка переваг та недоліків систем обробітку ґрунту

Технології обробітку ґрунту	Основний обробіток ґрунту	Передпосівний обробіток ґрунту	Посів	Догляд за посівами	Результат
Звичайна	38 л/га 1 год./га	12 л/га 0,36 год./га	3,5 л/га 0,23 год./га	11,52 л/га 1,5 год./га	ПММ 65,09 л/га роб. час 3,09 год./га
Безполицева	25 л/га 0,75 год./га	9,4 л/га 0,26 год./га	3,5 л/га 0,23 год./га	9,72 л/га 1,46 год./га	ПММ 47,62 л/га роб. час 2,7 год./га
Мінімальна	16 л/га 0,4 год./га	8 л/га 0,21 год./га	3,5 л/га 0,23 год./га	9,72 л/га 1,46 год./га	ПММ 37,22 л/га роб. час 2,3 год./га
No-Till	0 л/га 0 год./га	0 л/га 0 год./га	7,8 л/га 0,25 год./га	1,2 л/га 1 год./га	ПММ 9 л/га роб. час 1,25 год./га

На основі всебічного аналізу наукових робіт як міжнародних, так і вітчизняних фахівців, виділяють три ключові сфери, де технологія мінімального обробітку ґрунту демонструє свої переваги:

1. Агротехнічні плюси:

- Зниження тиску, який чинять ходові частини агротехніки на землю;

- Поліпшення ґрунтової будови;
- Активізація життєдіяльності ґрунтових організмів;
- Ревіталізація ґрунтової фауни;
- Зростання показників родючості ґрунту;
- Збільшення вмісту вологи у ґрунті та його стійкості до пересихання;
- Забезпечення захисту ґрунтового покриву від руйнування потоками води та вітровими навантаженнями.

2. Економічні переваги:

- Скорочення потреби у людській праці;
- Економія пального на рівні 50-70 відсотків;
- Зростання прибутків, отримуваних від аграрної діяльності;
- Покращення стабільності та конкурентоспроможності фермерського чи господарського підприємства.

3. Громадські (Соціальні) Переваги:

- Пом'якшення ефектів загального потепління клімату та накопичення вуглецю у сільськогосподарському секторі;
- Обмеження викидів газів, що спричиняють парниковий ефект;
- Мінімізація втрат, пов'язаних із застосуванням агрохімікатів (пестицидів);
- Зниження забруднення як суші біля об'єктів, так і водних ресурсів;
- Поповнення запасів ґрунтових вод та підвищення рівня води у відкритих водоймах;
- Скорочення фінансових вкладень, необхідних для очищення води;
- Збереження розмаїття (біорізноманіття) у ландшафтах, зайнятих у сільському господарстві.

Аграрна галузь – є тією галуззю, в якій в залежності від домінуючого способу обробітку ґрунту (оранка чи No-till) відбувається або зв’язування вуглецю, або інтенсивні викиди його в атмосферу. Масштаби викидів вуглекислого газу при полицевому обробітку можна прирівняти до викидів потужних заводів. Нині у світі сформовано світовий ринок CO_2 завдяки якому аграрії США, Канади та інших розвинутих країн отримують додаткові кошти від

промислових підприємств за впровадження технологій No-Till, яка забезпечує CO_2 на рівні 2,5 т на рік.

Аналізуючи практику провідних держав, можна дійти висновку, що українським аграрним підприємствам варто надавати пріоритет застосуванню найбільш перевірених та найкраще пристосованих до місцевих ґрунтово-кліматичних реалій методів комбінованого орання. Йдеться про такий підхід, що об'єднує як глибоку обробку з повним чи частковим перевертанням шару ґрунту, так і безполицеве розпушування, одночасно із впровадженням елементів мінімального обробітку через зменшення глибини та загальної кількості робочих проходів.

Для того, щоб сільськогосподарський сектор України зміг здійснити перехід до сучасних, економічно виправданих та екологічно прийнятних систем обробки землі, критично важливо розгорнути активну кампанію польових експериментів. Це дозволить ретельно дослідити, як саме новітні технології можуть бути адаптовані до специфічних для кожної території умов ґрунту та клімату.

1.3 Огляд сучасної ґрунтообробної техніки та ефективність її застосування

Пріоритетним і прогресивним шляхом вдосконалення ґрунтообробної техніки вважається розробка багатоцільових широкозахватних комбінованих машин, які за один прохід забезпечують виконання комплексу агротехнічних завдань. Впровадження такої техніки дозволяє суттєво скоротити часові проміжки, відведені на проведення польових робіт, значно зменшити споживання пального, а також знизити витрати праці й мінімізувати людський фактор у цьому процесі.

Наслідуючи кращі світові зразки щодо максимальної безперебійної роботи обладнання та його стійкості, а також забезпечення високого рівня сервісного супроводу, в Україні започатковують діяльність як власні виробничі потужності, так і спільні проєкти. Як ілюстрація, приватна установа «Дніпроагромаш», яка

зосередила свою діяльність на випуску машин для обробітку ґрунту, налагодила партнерство з німецькою фірмою RabeWerk та французькою Moreau. Продукція цих компаній не поступається імпортним еквівалентам, при цьому її вартість є суттєво нижчою.

ПрАТ «Ельворті», у співпраці з німецькою фірмою Lemken, розробило сівалку «Солітер-12» (Рис. 1.3). Цей агрегат вирізняється як відмінною якістю та високою технологічністю, так і доступною вартістю.



Рис. 1.2 Причіпна пневматична зернова сівалка Soliter-12

Спільне підприємство Horsch та «Агро-Союз», що є лідером у виготовленні техніки для сівби й культивації, пропонує українському ринку такі моделі: культиватори Horsch - «Агро-Союз» FG 12.30 та посівний агрегат Horsch - «Агро-Союз» ATD 9.35 ця техніка цілковито задовольняє актуальним критеріям щодо якості, стійкості до навантажень та тривалого терміну служби.



Рис. 1.3 Культиватор Horsch-«Агро-Союз» FG 12.30

Виробничі потужності Приватного акціонерного товариства «Агро-Союз» знаходяться у селі Майське, що на Дніпропетровщині. Для виконання земельних робіт та посівної кампанії підприємство надає комбіновані знаряддя праці середньої та великої ширини захвату, котрі повністю задовольняють діючим стандартам.



Рис. 1.4 Посівний комплекс Horsch-«Агро-Союз» ATD 9.35

Щодо «старої школи», природоохоронні методи вирощування у парі з технікою середньої ширини пропуску вимагають приблизно у тричі скромніших витрат моторесурсу, а при використанні широких агрегатів – вже у п'ять разів менше. Водночас, споживання пального скоротилося до 2,3 та 3,2 разів відповідно. Якщо порахувати фінансові вкладання при вирощуванні озимої пшениці за «зеленими» технологіями: з середньозахватною технікою вони знизились у 6,3 рази проти класичних підходів, а з широкими машинами – аж у 16,4 рази. Однак, незважаючи на явну вигоду від універсальних агрегатів, наша країна досі випускає ґрунтообробні інструменти вузької, однофункціональної спрямованості.

Зважаючи на викладене, проєктування новітніх машин для обробітку ґрунту має відбуватися беручи до уваги потреби сучасних технологічних підходів та специфіку ґрунтово-кліматичних зон, де ці механізми будуть експлуатуватися.

Таким чином, нагальною потребою сьогодення постає заміщення машин, що виконують лише одну операцію на багатоцільові агрегати здатні ефективно працювати у всьому різноманітті ґрунтово-кліматичних зон України. Застосування комбінованих багатофункціональних машин та обладнання, окрім економії виробничих ресурсів, не лише дає змогу підтримувати оптимальну структуру ґрунту, а й завдяки залишенню пожнивних решток на поверхні поля - запобігати розвитку ерозійних процесів та ефективно зберігати продуктивну вологу.

Спрямування ресурсів, як інтелектуальних, так і фінансових, на створення та запуск у серійне виробництво передових компонентів та інноваційних конструкторських підходів, при цьому концентруючи виробничі потужності у високотехнологічних осередках постає як ключове завдання для українського машинобудівного сектору. Водночас необхідно провести масштабне технічне та технологічне оновлення, а також суттєву модернізацію тих виробництв, що оперують застарілими засобами з метою опанування ними випуску продукції здатної конкурувати на міжнародному ринку відповідно до загальноприйнятих світових критеріїв.

Незважаючи на складнощі, що стосуються фінансів та організації в Україні функціонують виробничі компанії, які створюють обладнання для ґрунтозберігаючих методів обробітку землі та здобули собі добру репутацію на ринку. До найвживаніших імен можна віднести: АТ «Ельворті», ТОВ «Велес Агро», ВАТ «Галещина, машзавод», ТОВ «Лозівські машини», ТОВ «Агромаш-Калина», ТОВ «Краснянське СП «Агромаш» та низку інших, які у співпраці з науковцями проєктують та масово виготовляють знаряддя для ґрунтообробітку, орієнтовані на прибутковість та дбайливе ставлення до довкілля. Зазначене обладнання характеризується значно вищою економічною доступністю порівняно із закордонними аналогами, не поступаючись їм за своїми техніко-експлуатаційними та якісними показниками.

Фахівці НДІ «Украгропромпродуктивність» нещодавно здійснили перевірку у відповідності до стандарту ДСТУ 4397:2005, порівнюючи робочі

характеристики комбінованої ґрунтообробної машини ККП-6 «Кардинал» (виробництва ВАТ «Галещина, машзавод») з закордонним аналогом Europak-6000 від німецької фірми Lemken. Усі випробування проводилися при зчепленні з трактором ХТЗ-17221.

Проведений порівняльний аналіз продемонстрував вищу ефективність агрегату ККП-6 «Кардинал» у порівнянні з Europak-6000. Зокрема, прямі операційні витрати знизилися на 42,6%, а загальна сума приведених витрат виявилася меншою на 45,7%. Видатки на відновлення після капітального ремонту скоротилися на 53,2%, а відрахування на амортизацію - на 61,4%. Окупність ґрунтообробного комплексу ККП-6 «Кардинал» оцінюється у півтора року, тоді як для Europak-6000 цей показник сягає майже п'яти років.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МАШИН КОМБІНОВАНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

2.1 Аналіз конструктивних особливостей машин передпосівного обробітку ґрунту

Pöttinger Terria (рис. 2.1.) - це сучасний причіпний універсальний культиватор (робоча ширина від 4 до 6 м у варіантах з 3- та 4-рядними секціями).

Terria працює за концепцією інтенсивного розпушування та аерації ґрунту без його перевертання. Під час руху трактора робочі органи (долотоподібна лапа шириною 40 або 80 мм, з бічним крилом або без нього) входять в ґрунт, піднімають його та змішують його з рослинними залишками. Конструктивні параметри робочих органів забезпечують рівномірне переміщення ґрунтової маси та вирівнювання поверхні поля з усуненням гребенів. Після проходження лап вирівнювальні диски закривають борозни, а завершальний етап циклу виконується прикочувальним котком, який ущільнює верхній шар для збереження вологи та формування посівного ложа. Варто зазначити, що існує можливість інтеграції з бункером Amico F, що дозволяє вносити мінеральні добрива на двох горизонтах (Single Shoot або Double Shoot), підвищуючи ефективність живлення рослин у сухі сезони.

Система налаштування агрегату повністю гідравлічна та безступінчаста, тому оператор може змінювати глибину обробки безпосередньо з кабіни трактора. Гідроциліндри на передніх опорних колесах та задньому котку працюють у координації для забезпечення горизонтальної орієнтації рами положення вирівнювальних дисків автоматично регулюється відповідно до змін глибини робочих органів. Іншою опцією є регулювання інтенсивності змішування шляхом зміни кута входження бічних крил (25° або 30°) або регулювання лапи в одному з двох фіксаційних положень.

Якщо працювати в умовах важкого ґрунту, можна навантажити задню вісь трактора через циліндр дишла (Traction Control), що мінімізує пробуксовку та оптимізує витрату пального.



Рис. 2.1. Культиватор Poettinger Terria

Агрегат **Horsch Tiger MT 90** (рис. 2.2) - складається з двох рядів зубчастих дисків діаметром 680 мм для подрібнення рослинних залишків і двох рядів лап TerraGrip з допустимим навантаженням на лапу у межах 770 кг.



Рис. 2.2. Агрегат Horsch Tiger MT

Він оснащений секцією вирівнювальних дисків і важким шинним або SteelDisc катком для виконання функції зворотного ущільнення та підтримки робочих органів. Така конструкція дозволяє поєднувати переваги дискової борони з глибокорозпушувачем, забезпечуючи роботу на глибині до 35 см навіть при значній кількості соломи або кукурудзяних стебел.

Операційно чотири технологічні операції виконуються послідовно за один прохід, так що дискова система спочатку подрібнює і змішує органічні залишки з верхнім шаром ґрунту, а лапи виконують глибоке розпушування, руйнуючи плужну підошву і створюючи оптимальну структуру для розвитку кореневої системи після дискової системи. Після них вирівнювальні диски усувають борозни і гребені, а ущільнювальний каток додає остаточне ущільнення, щоб уникнути випаровування вологи і підготувати рівне насіннєве ложе. Ефект «MulchMix» досягає рівномірного вертикального розподілу добрив і рослинних залишків по всьому горизонту обробки ґрунту.

Механічні налаштування здійснюються шляхом зміни положення опорних коліс і катка за допомогою набору дистанційних кліпс на штоках гідроциліндрів, що визначає загальну глибину ходу дисків і лап. Паралельність рами до поверхні поля контролюється гідравлічним дишлом. Вирівнюваність мікрорельєфу поля додатково регулюється механічним налаштуванням висоти вирівнювальних дисків, що дозволяє машині адаптуватися до різних типів ґрунтів і робочих швидкостей, що варіюються від 10 до 12 км/год.

Модульна конструкція агрегату **Bednar Swifter** (рис. 2.3) є позитивним аспектом цього робочого агрегату, оскільки вона дозволяє замінювати робочі органи (долота, диски або секції SB для весняного обробітку) залежно від агрономічних умов. Система «Wave-Flex», яка встановлена на машини для забезпечення точного копіювання рельєфу поля. Подвійні пакерні котки та фінішний коток Crosskill, які працюють разом для максимального подрібнення грудок. Гідравлічне керування передніми та задніми вирівнювальними планками забезпечує планування поверхні поля для дрібнонасінних культур.



Рис. 2.3. Передпосівний компактор BEDNAR Swifter

Bednar Swifter працює за принципом 7 операцій за один прохід, при якому поле готується до сівби відразу після оранки або глибокого розпушування. Передня планка подрібнює великі грудки ґрунту під час руху, а за нею йде коток, який допомагає на першому етапі ущільнення. Основна секція робочих органів ущільнює ґрунт на визначену глибину, створюючи компактне насіннєве ложе, а наступні котки та вирівнювачі виконують фінішну технологічну операцію, подрібнюючи верхній шар до фракції 1–5 см. Ця послідовність забезпечує збереження вологи в піднасіннєвому шарі ґрунту та швидке постачання кисню до насіння.

Система контролю робочої глибини є частиною технічного налаштування агрегату і встановлюється механічно на гвинтових стержнях або гідравлічно з дистанційними упорами. Swifter не має ваги важкого дискового агрегату, що дозволяє ґрунту накопичуватися на швидкості близько 15 км/год, якщо агресивний кут передньої вирівнювальної планки не налаштований точно. Тиск на задні котки контролюється пружинними блоками, щоб ступінь ущільнення можна було адаптувати до різних типів ґрунтів (легкі піщані; важкі глинисті), уникаючи гребенів на стиках робочих зон.

Передпосівний комбінований агрегат **FORWARD - 6** компанії **Veles Agro** (рис. 2.4) розроблений як модульна система основна конструкція складається з рами з послідовними робочими елементами: передній ребристий каток,

вирівнювальні секції, три або чотири ряди пружинних лап і фінішний тандемний коток. Рама виготовлена з високоміцної профільної сталі, що забезпечує жорсткість конструкції при роботі на швидкостях до 10–15 км/год робочі елементи (S-подібні стійки з лапами) з'єднані з рамою за допомогою шарнірних з'єднань, а паралелограмний механізм підвіски секцій забезпечує точне слідування контуру поля та стабільність робочої глибини по всій робочій ширині.

Принцип роботи агрегату полягає в тому, що більшість підготовчих операцій виконується за один прохід: передній коток розбиває великі грудки та дробить поверхневу кірку, а вирівнювальна планка вирівнює мікрорельєф. Основна секція пружинних лап виконує безперервне розпушування ґрунту на глибину загортання насіння, створюючи дрібнозернисту структуру та забезпечуючи доступ повітря. На завершальному етапі тандемний коток інтенсивно подрібнює залишкові грудки та здійснює зворотне прикочування, формуючи щільне посівне ложе для насіння та розпушений верхній шар для мінімізації капілярного випаровування вологи.



Рис.2.4. Передпосівний комбінований агрегат FORWARD 6

У результаті технічні налаштування агрегату спрямовані на досягнення необхідної робочої глибини, що здійснюється шляхом зміни положення паралелограмної підвіски за допомогою регулювальних гвинтів або штифтових замків. Важливою частиною цього є кут вирівнювальної планки та сила тиску на катки, яка контролюється на основі щільності та вологості ґрунту, щоб зменшити забивання. Горизонтальність рами в поздовжній площині підтримується через центральне зчеплення трактора (для навісних випадків) або через дишло (для напівнавісних випадків), щоб забезпечити рівномірне навантаження по всьому діапазону робочих елементів.

Культиватор FLORIN компанії **Лозівські машини** – це багатофункціональне знаряддя для суцільного передпосівного та парового обробітку ґрунту, а також для основного обробітку стерні. Ключовою особливістю є модульність робочих органів: агрегат може оснащуватися трьома видами стійок (пружинна 30х30 мм, підпружинена змінного перерізу або ресорна), що дозволяє адаптувати його до будь-яких типів ґрунтів. Передня частина машини укомплектована гідравлічною руйнівною планкою, яка подрібнює великі груди та вирівнює поверхню перед основним обробітком. Завершують конструкцію дворядні пружинні борони та фінішні котки (трубчасті або пластинчасті), що забезпечують необхідну структуру насіннєвого ложа.

Принцип роботи польового культиватора FLORIN (рис 2.5.) базується на комплексному впливі на ґрунт за один прохід: передня планка подрібнює кірку, а п’ять рядів стійок проводять суцільне підрізання бур’янів та розпушування на глибину до 12 см. Завдяки геометрії лап та мікровібрації стійок під час руху, коріння бур’янів ефективно відокремлюється від ґрунту та виноситься на поверхню для подальшого висихання. Робоча швидкість агрегату становить 10–15 км/год, що критично важливо для створення вібраційного ефекту стійок, який сприяє самоочищенню лап та кращому кришенню пласта. Фінішна секція борін та котків проводить сепарацію часток: дрібніші залишаються в зоні залягання насіння, а більші - на поверхні для захисту від ерозії.

Основним регулюванням є встановлення глибини ходу лап, що реалізується за допомогою гідравлічної системи та механічних упорів (кліпс) на опорних колесах і котках.



Рис. 2.5. Польовий культиватор FLORIN

Регулювання паралельності положення рами агрегату забезпечується гвинтовими талрепами, завдяки чому досягається рівномірність глибини обробітку ґрунту по всіх п'яти рядах робочих стійок. Інтенсивність роботи передньої планки регулюється гідравлічно з кабіни трактора, що дозволяє оператору реагувати на зміну щільності ґрунту або кількість решток. Секції крил мають можливість працювати в «плаваючому» режимі для копіювання складного рельєфу по всій ширині захвату.

Багатофункціональний культиватор **Väderstad TopDown** модель 600 (рис 2.6) спроєктований за модульним принципом, що інтегрує чотири функціональні зони обробітку на єдиній посиленій рамі.



Рис. 2.6. Комбінований культиватор Väderstad TopDown

Первинна зона представлена двома рядами конічних дисків System Disc Aggressive діаметром 450 (470) мм, кожен з яких встановлений на індивідуальній підпружиненій стійці для інтенсивного подрібнення рослинних залишків. Друга технологічна зона складається з трьох рядів розпушувальних стійок із міжосьовою відстанню 27 см, оснащених гідравлічним механізмом захисту із зусиллям спрацювання до 700 кг. Третя зона включає секцію вирівнювальних дисків на паралелограмній підвісці, а фінішна операція забезпечується важким сталевим котком SteelRunner або тандемним SoilRunner. Використання швидкозмінної системи наконечників Marathon дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати шляхом підвищення зносостійкості робочих органів у абразивних середовищах.

Принцип дії агрегату базується на поєднанні поверхневого дискового обробітку та глибокого чизельного розпушування за один прохід. Дискова секція здійснює підрізання та гомогенізацію верхнього шару ґрунту (на глибину до 15 см), тоді як розпушувальні стійки забезпечують деструкцію плужної підошви на глибині до 40 см. Дана комбінація сприяє покращенню водно-повітряного режиму ґрунту, активізації мікробіологічних процесів та запобіганню водної ерозії. Вирівнювальні диски здійснюють вирівнювання мікрорельєфу, а прикочувальний коток відновлює капілярність ґрунту, формуючи оптимальне посівне ложе. Реалізація заданих агротехнічних показників досягається при робочій швидкості 10–12 км/год, що забезпечує інтенсивне змішування органічної маси з ґрунтом.

Керування технічними параметрами агрегату здійснюється дистанційно за допомогою електронних систем E-Control або протоколу ISOBUS безпосередньо з робочого місця оператора. Гідравлічна система забезпечує регулювання глибини ходу дискової та культиваторної секцій, що дозволяє адаптувати технологічний вплив до варіативності ґрунтових умов у межах поля. Контроль поздовжньої та поперечної стійкості рами, а також регулювання питомого тиску котка на ґрунт виконуються через гідроциліндри з використанням механічних або електронних обмежувачів ходу. За умов надмірного зволоження передбачена

функція гідравлічного розвантаження або повного підняття котка для недопущення переущільнення структури ґрунту.

2.2 Основні завдання обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту механічними засобами - це вплив робочих частин ґрунтообробної техніки та інструментів на задану глибину, спрямований на покращення умов існування рослин у ґрунті, збільшення його родючості, а також забезпечення захисту від розмивання водою та вивітрювання вітром.

Внаслідок цього обробітку формується найкраща ґрунтова структура, що досягається подрібненням (розрихленням) ґрунтової маси.

Грамотне ведення ґрунтообробки спрямоване на перебудову пропорцій об'ємів твердого, вологого та повітряного компонентів ґрунту. Це, своєю чергою, тягне за собою трансформацію його фізико-хімічних характеристик, а також водного, повітряного та теплового балансу, і режиму живлення. Посилюється діяльність біологічних чинників, відбувається суттєве пригнічення або повне знищення небажаної рослинності, що сприяє формуванню ідеальних умов для максимального розкриття потенціалу, закладеного у генотипі сортів та гібридів вирощуваних культур. Ба більше, агротехнічні заходи з обробітку ґрунту дають можливість або сповільнити, або, навпаки, прискорити темпи утворення чи руйнування ґрунтової органіки, а також налагоджувати водно-повітряний режим як у самому ґрунті, так і в приземному шарі повітря.

З одного боку, обробка землі здатна допомогти ґрунту накопичити вологу та мінімізувати її марну витрату, а за умов надмірного насичення водою - навпаки, зменшити вміст вологи у верхньому шарі. Виведення зайвої ґрунтової вологи покращує насичення ґрунту повітрям, завдяки чому досягається ідеальний баланс між водою та повітрям у ґрунтовому середовищі.

Разом із чергуванням культур та застосуванням добрив, **механічний обробіток ґрунту є ключовим елементом сучасної системи землеробства**. На відміну від підживлення чи зрошення, він не вносить у ґрунт додаткової енергії чи поживних елементів, проте, змінюючи його фізико-хімічні та біологічні

характеристики, сприяє максимально ефективному агротехнічному використанню та підвищенню економічної окупності добрив, засобів захисту рослин і меліоративних заходів як в орному, так і в глибших підорних шарах ґрунту.

Обробіток ґрунту за допомогою механічних засобів, інтегрований із програмою внесення добрив протягом ротації культур, є запорукою найбільш ґрунтовного використання земельних ділянок та відновлення їхньої здатності до виробництва. Втім, результативність цих заходів досягається лише за умови, що беруться до уваги такі чинники, як ґрунтові характеристики, кліматичні та погодні реалії, біологічна специфіка сортів та гібридів, а також тип і ступінь поширення небажаної рослинності, наявність та чисельність шкідливих організмів і збудників захворювань.

Оптимальний технологічний вплив робочих елементів машино-тракторного агрегату забезпечується за умови виконання операцій у логічній, науково обґрунтованій послідовності в єдиному комплексі з іншими складовими системи землеробства. Водночас, необхідно пам'ятати, що надмірно інтенсивний обробіток може спричинити деструкцію структури ґрунту, що, своєю чергою, призведе до зменшення його родючості.

Для того, щоб відповідати нинішнім вимогам ведення агробізнесу, методика обробки ґрунту мусить час від часу коригуватися. Виходячи з ідеї продовольчої самодостатності, механізована техніка обробітку мусить виконувати низку функцій для досягнення найкращих ґрунтових показників та отримання стабільно високої продуктивності:

•формування у ґрунті структури з дрібними грудочками, що є запорукою належного водного, повітряного, температурного та харчового балансу;

•прискорення рециркуляції живильних елементів у ґрунті через стимулювання активності корисних мікроорганізмів, а також піднесення поживних речовин із глибинних шарів ґрунту до активного орного горизонту;

•забезпечення захисту від ерозійних явищ та супутніх втрат вологи й елементів живлення;

•ефективна ліквідація бур’янів, джерел захворювань та шкідників;

•загортання на визначену глибину пожнивних залишків та мінеральних добрив, а також мульчування верхнього шару ґрунту;

•знищення багаторічної рослинності при оранці необроблених ділянок, занедбаних земель, а також площ, засіяних багаторічними кормовими культурами;

•створення передумов для зниження концентрації солей у ґрунті та недопущення підйому рівня ґрунтових вод.

2.3 Огляд технологічних процесів обробітку ґрунту

При проведенні земляних робіт застосовуються такі агротехнічні операції: обертання, розпушення, подрібнення, змішування, вирівнювання та ущільнення ґрунтової поверхні.

Обертання верхнього шару ґрунту є необхідним для того, щоб заховати залишки попередніх культур, дерновий шар, добрива, насіння бур'янів, а також для ліквідації джерел інфекції хвороб культурних рослин. Регулярне перевертання ґрунтового профілю покращує його структурні характеристики та біологічну діяльність, що сприяє оптимальному забезпеченню рослин елементами живлення.

Процеси розпушення та кришіння ведуть до зменшення розмірів ґрунтових часток (агрегатів), а також до зміни їхньої конфігурації, що, своєю чергою, спричиняє зростання пористості ґрунту та зниження його щільності будови.

Завдяки обробці ґрунту шляхом розпушення та кришіння, покращуються характеристики його здатності пропускати воду та повітря, стимулюється активність мікроскопічних організмів, а також створюються сприятливіші умови для проростання та розвитку рослинної флори.

Змішування ґрунту виконують, аби досягти однакової консистенції у верхньому шарі землі та забезпечити рівномірне внесення туди поживних речовин, гіпсу, вапна та інших складників. Сталість структури посівного

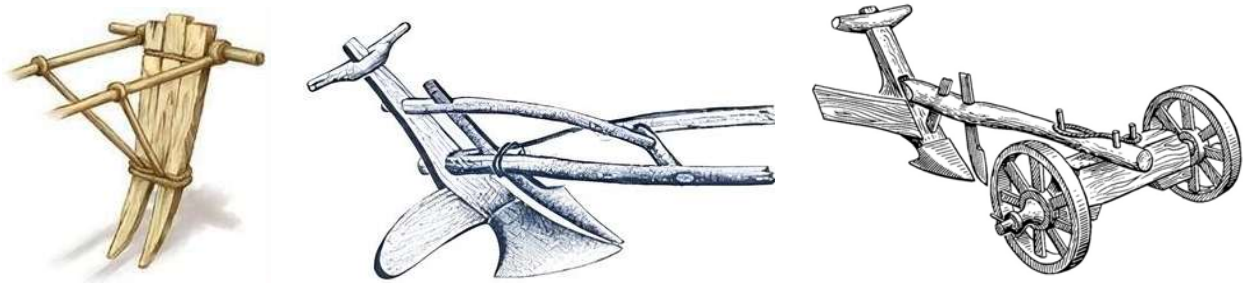
шару - це вирішальний чинник для однакового проростання та розвитку культури, а також для вчасності її дозрівання.

Вирівнювання земної поверхні сприяє скороченню втрат вологи через випаровування, формує найкращі умови для посівних робіт, догляду за насадженнями та жнив, а при зрошуванні - також і для водопостачання.

Ущільнення ґрунту веде до зростання капілярної пористості та одночасного зниження некапілярної. Крім того, це унеможливлює занадто глибоке загортання посівного матеріалу під час сівби, а також оптимізує зчеплення насінини з ґрунтовим середовищем. Ущільнений ґрунт також сприяє ефективнішому підійманню вологи з глибших шарів за рахунок капілярних сил.

2.4 Характеристика знарядь та форми робочих поверхонь ґрунтообробних машин передпосівного обробітку

Як нам відомо з історичних джерел, першим інструментом для обробки ґрунту була соха, що мала форму долота (рис. 2.9 а), яка вимагала мінімального зусилля для тяги. У міру того, як виробництво нарощувало свою енергоозброєність, такі долотоподібні пристрої еволюціонували у долото-полицеві системи. Серед перших зразків цього класу можна виділити «косуля» та «сабан» (рис. 2.9 б, в) – знаряддя, які по суті являли собою долото, до якого було додано імпровізовану полицю у вигляді дошки, розташованої під певним кутом.



а *б* *в*

Рис. 2.9. Старовинні землеробські ґрунтообробні знаряддя: *а* – соха, *б* – соха-косуля; *в* – сабан

Внаслідок еволюції агротехнологічних стандартів, зростання рівня енергоємності виробничих процесів та загального науково-технічного поступу, відбулося зміщення акцентів від використання долото-полицевих ґрунтообробних апаратів до застосування лемішно-полицевих систем (рис. 2.10). Водночас вимоги щодо енергозбереження стимулювали розробку долотно-полицевих розпушувачів, які відповідають сучасним технічним критеріям.



Рис. 2.10. Лемішно-полицевий плуг

Робочі органи різноманітного конструктивного виконання вимагають неоднакової витрати енергії. Це зумовлено різними способами їхньої взаємодії з ґрунтовим масивом, зокрема, різною мірою участі енергоємних процесів деформації у в’язко-пластичному стані, що мають місце під час руху різальної грані крізь ґрунт. Найбільший відсоток таких пластичних деформацій спостерігається у робочих елементів клиноподібної форми, притаманних плоскоріжучим агрегатам, якщо довжина їхньої ріжучої частини наближається до робочої ширини охоплення. Тим не менше, градієнт силових характеристик, який формується у середовищі під впливом інструментів плоского різання, є недостатнім для досягнення ефективного подрібнення ґрунту.

На сьогоднішній день конфігурація робочих поверхонь ґрунтообробних елементів, застосовуваних у різноманітних машинах, зокрема й у комплексних агрегатах для опрацювання землі, набула значної варіативності у своєму проектуванні.

Перелік ґрунтообробних складових, які є базовими для таких комбінованих машин, включає:

- робочі лапи: стрілчасті, універсальні, долотоподібні, для розпушування, пололь ні, пружинні, елементи для внесення добрив та подібні (рис. 2.11);
- дискові елементи: голчасті, сферичні цілісні, сферичні з вирізами, а також прямі диски із зубчасто-хвилястим ріжучим краєм (рис. 2.12);
- вирівнюючі елементи: дошки та планки, призначені для вирівнювання поверхні (рис.2.13);
- котки: гладкі, з гладко-ребристою фактурою, кільцеві, кільцево-зубчасті, кільцево-шпорові, спірального типу, планчасті, трубчасті, борінчасті (рис. 2.14);
- бороновальні органи: штригельні борінки (рис. 2.15).



Рис. 2.11. Різновиди культиваторних лап

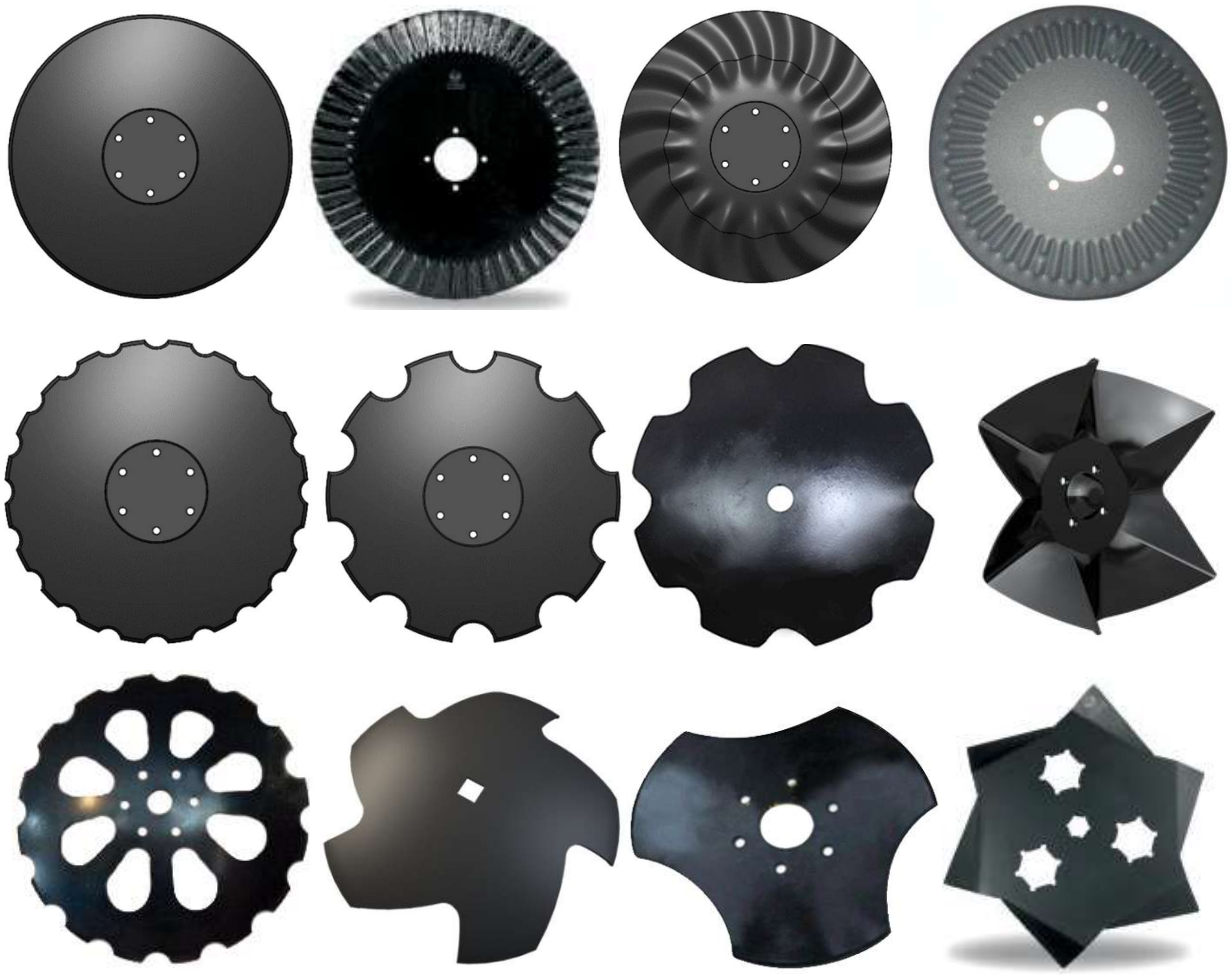


Рис. 2.12 Різновиди дискових робочих органів



Рис. 2.13 Вирівнювальні дошка і планка

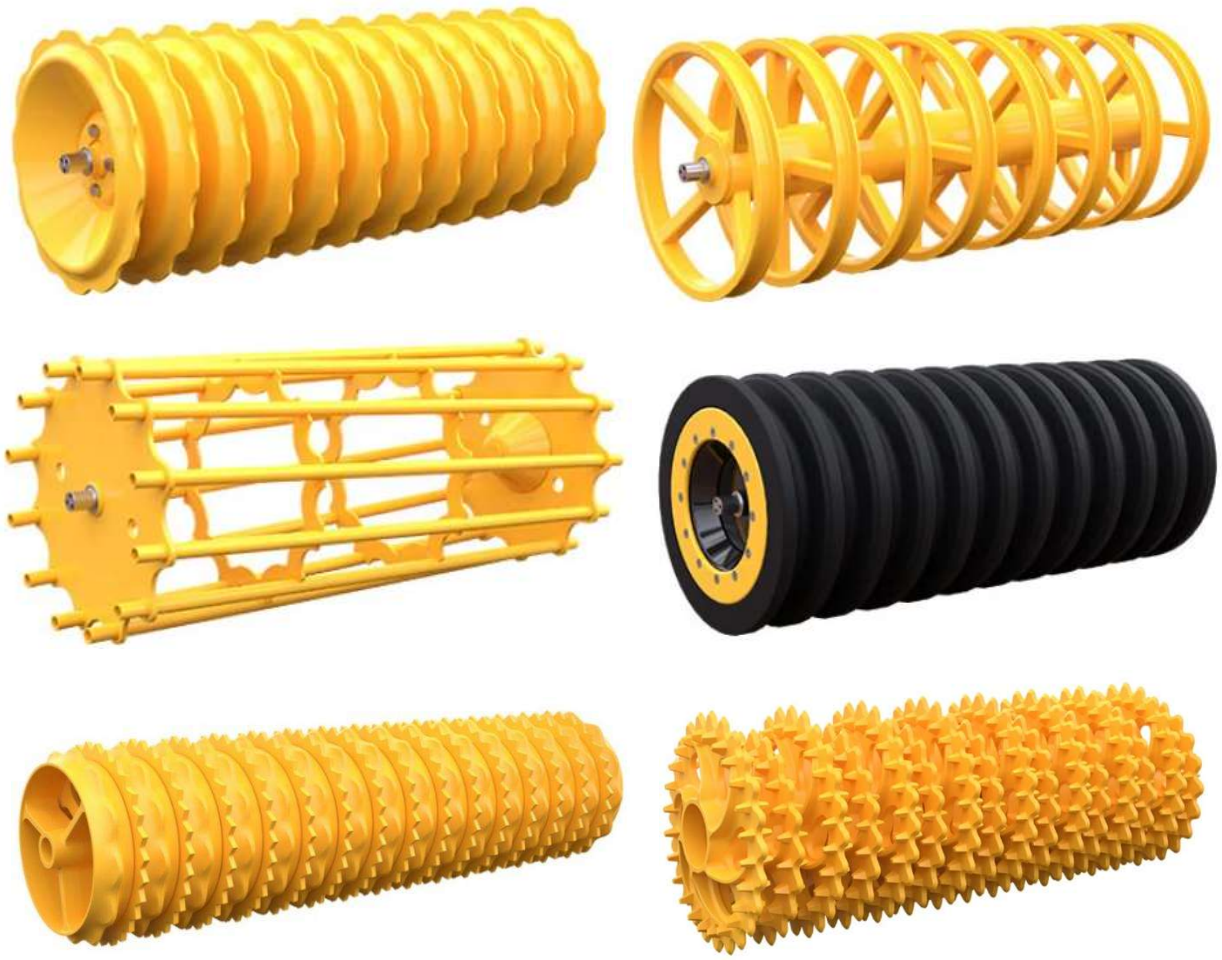


Рис. 2.14 Різновиди котків

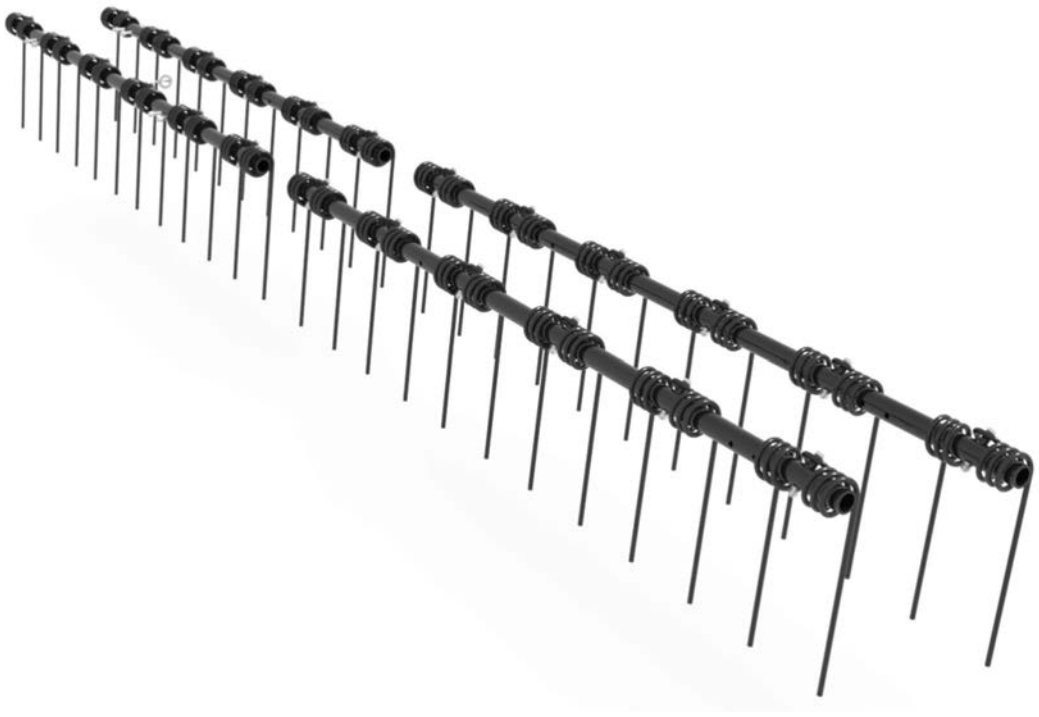


Рис. 2.15 Штригельна борінка

Зважаючи на технології землеробства, увесь перелік робочих органів для збірних знарядь мусить бути ретельно допасований та узгоджений. Неправильне поєднання різнорідних типів робочих елементів в межах однієї ґрунтообробної машини здатне спричинити ефект, що суперечить очікуваному.

2.5 Розроблення операційної технології передпосівного обробітку ґрунту при посіві зернових культур

2.5.1. Агротехнічні вимоги та контроль якості роботи МТА.

Щодо агроекологічних критеріїв передпосівного обробітку ґрунту, то ключовими тут є оптимальні строки виконання операцій та глибина розпушення, які визначають відповідно до ґрунтово-кліматичних умов регіону та біологічних особливостей вирощуваної культури. Проміжок часу між закінченням обробки ґрунту та посівом бажано звести до абсолютного мінімуму, ідеально – сіяти того ж дня, коли було проведено культивацію. Це стає особливо важливим у південних областях та тоді, коли навесні спостерігається нестача вологи. Також слідкувати, аби робочий інструмент культиватора був спроможний повністю знищити наявну рослинність бур’янів.

З метою мінімізації втрат ґрунтової вологи під час обробітку не допускається підняття більш зволожених шарів ґрунту на поверхню. Завдяки розпушенню верхній посівний шар має набувати дрібногрудкуватої структури за одночасного вирівнювання поверхні поля. Не допускається, аби глибина утворених борозен та висота гребенів перевищували позначку чотирьох сантиметрів. Культиваційні роботи слід виконувати під кутом або ж поперек напрямку попередньої обробки. На ділянках, довжина яких перевищує п'ятсот метрів, поворотні зони необхідно обробляти впоперек попереднього культивування. Категорично забороняється розпушувати пересушений ґрунт, оскільки це неминуче спровокує його руйнування. Ключові критерії для визначення рівня якості передпосівної підготовки фіксуються у відповідній таблиці.

Таблиця 2.1

Контрольні показники якості передпосівної культивації

Показники якості обробітку	Норматив	Оцінки, бали	Метод визначення
1	**2**	**3**	**4**
1. Своєчасність виконання	в день сівби	-	Порівняння з фактичним терміном
2.Глибина розпушення, відхилення від заданої	Задана ± 1-2 см Понад 2 см	4 3 0	В 10 точках по діагоналі поля заміряти лінійкою по ширині проходу агрегату і визначити середню фактичну глибину
3. Вирівняність поверхні поля (висота гребенів), см	До 2 2-4 Понад 4	2 1 0	В 10 точках по діагоналі поля виміряти лінійкою чи профілеміром залишкову висоту гребенів
4. Кришення ґрунту – кількість грудок >2-2,5 см, %	До 4 До 5 До 10	3 2 1	По діагоналі поля через кожні 80-100м на ділянках 40х25см відібрати 5-10 зразків з розпушеного шару. Просіяти через сито з отворами 2см і визначити масу грудок, які залишились на ситі у % до маси всього зразка.
5. Якість розпушування – кількість грудок розміром 5 см, шт/м	До 20 20-30 Понад 30	3 2 1	
6. Наявність огріхів	Відсутні	-	Огляд поля
7. Підрізування бур'янів, залишилося шт/10м^2	Повне 1-2	2 1	Огляд поля і підрахунок кількості непідрізаних бур'янів накладанням рамки площею 1м^2

Якщо загальна кількість балів становить 11 - 10, то якість передпосівної підготовки розцінюється як відмінна, 9 - 8 – як добра, і 7 - 6 – як задовільна.

2. Підготовка МТА до роботи.

Суцільне розпушування ґрунту виконується із застосуванням ґрунтообробного комбінованого знаряддя. Хоча робоча швидкість може сягати п'ятнадцяти кілометрів за годину, найбільш оптимальними вважаються показники у межах 12-13,5 км/год.

Налаштування культиватора перед початком робіт стартує з ретельної звірки наявності усіх складових частин та визначення працездатності його механізмів і агрегатів. Після цього, на спеціально відведеному полігоні, проводять налаштування апарату для досягнення необхідної глибини обробки.

3. Організація роботи МТА.

Машину для обробки водять човниковим способом з грушеподібними розворотами на кінцях гонів. На початку першого проходу (щодо 40-50 метрів) глибину оранки контролюють у 10-15 місцях. Після завершення культивування поля, увага приділяється обробці крайових смуг. Оцінка якості культивації проводиться безпосередньо під час виконання робіт.

4. Підготовка поля до роботи.

Аби убезпечити належну роботу техніки під час передпосівної підготовки ґрунту, необхідно спершу очистити ділянку від будь-яких сторонніх об'єктів, що можуть стати на заваді. Також важливо ідентифікувати зони з надмірним ухилом чи нерівностями (наприклад, схили чи заглиблення) та визначитися з методом і орієнтацією руху робочих машин. За наявності можливості розвертати ґрунтообробний агрегат поза межами поля, спеціально виділяти розворотні смуги немає необхідності.

Перше культиваційне проходження має здійснюватися перпендикулярно до напрямку попередньої оранки, а кожне наступне – під прямим кутом до попереднього проходу культиватора.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ.

3.1 Розроблення конструктивно-технологічної схема комбінованої ґрунтообробної машини

Згідно з проаналізованими конструктивними нюансами сукупних ґрунтообробних машин, ми висуваємо пропозицію щодо модифікації конструкції тієї ґрунтообробної одиниці, що вже експлуатується у нашому господарстві. На наше переконання, ці корективи дадуть змогу досягти задовільної якості опрацювання землі, коли техніка буде задіяна у різноманітних ґрунтових та кліматичних регіонах України. Основна ідея цієї модернізації полягає у позмінній заміні оригінальних робочих елементів на такі, що мають покращені експлуатаційні характеристики.

Предметом вивчення є ґрунтообробний агрегат комбінованого типу, розроблений для первинної та підготовчої обробки земельних ділянок на глибину у межах 8–16 сантиметрів, забезпечуючи при цьому збереження щонайменше 60% рослинних решток та пожнивних залишків. Крім того, цей механізм придатний до експлуатації на полях із залишеною стернею з глибиною обробки 6–10 см, з метою ліквідації небажаної рослинності, згладжування нерівностей рельєфу поля, підтримання гомогенної грудкуватої структури у верхньому шарі ґрунту та ущільнення більш глибоких шарів.

Комбінований ґрунтообробний агрегат (рис. 3.1(рис 3.1) складається з центральної рами 1 прямокутної форми зі сницею 2 і начіпним пристроєм 3. До центральної рами шарнірно приєднані дві напіврами – права 9 і ліва 11 із закріпленими на них лапами 10 та опорними колесами 4. З робочого у транспортне положення (і навпаки) напіврами переводяться за допомогою чотирьох гідроциліндрів 12. В задній частині агрегату змонтовано колеса 6, які

виконують декілька функцій: як опорні колеса для транспортування ґрунтообробного агрегату, та вирівнювання, прикочування та ущільнення ґрунту. Робочим органом культиватора є стрільчаста лапа з удосконаленими параметрами.

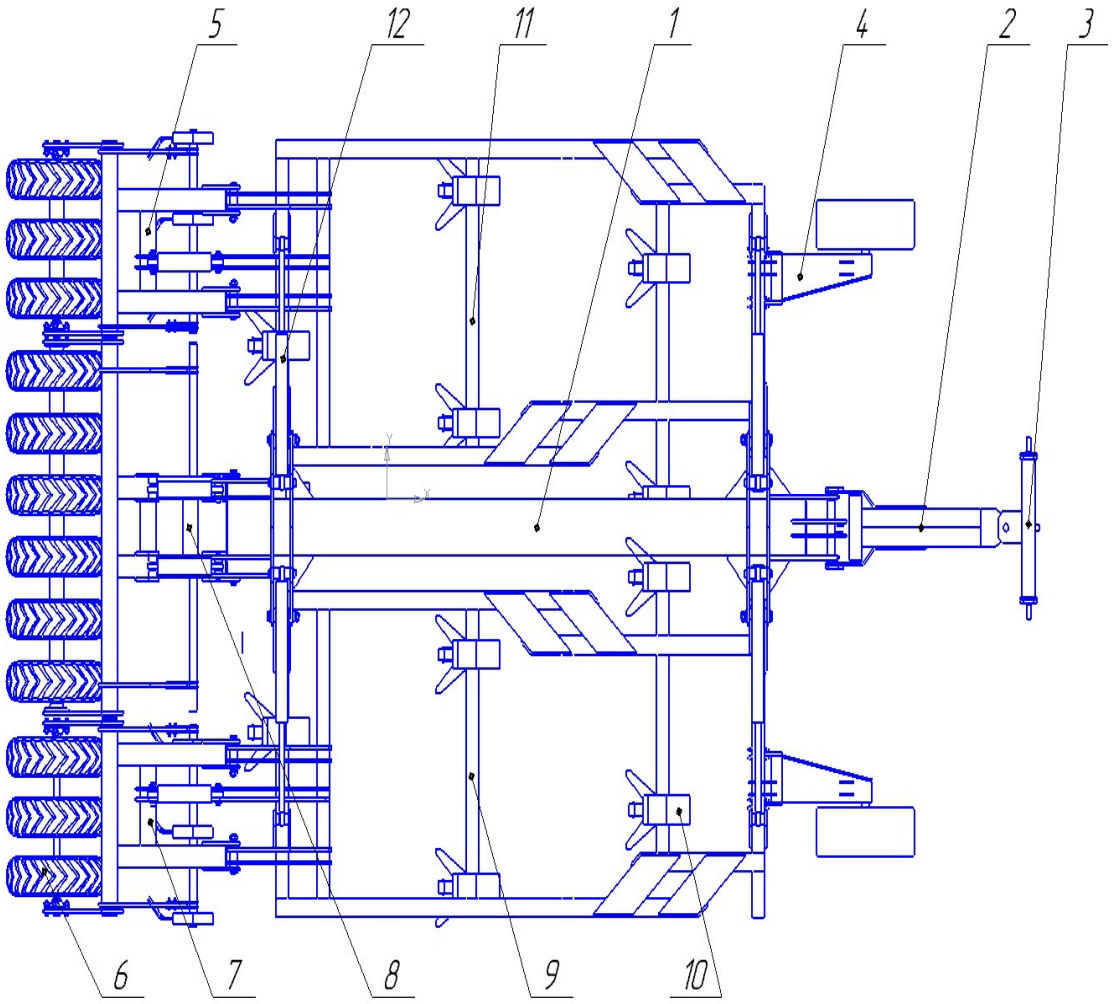


Рис. 3.1 - Комбінований ґрунтообробний агрегат:

1 – центральна рама; 2 – сниця; 3 – начіпний пристрій; 4 – опорне колесо; 5 – секція прикочувальних коліс ліва; 6 – прикочувальні колеса; 7 – секція прикочувальних коліс права; 8 – секція прикочувальних коліс центральна; 9 – права напіврама; 10 – культиваторна лапа; 11 – ліва напіврама; 12 – гідроциліндр.

Робота комбінованого ґрунтообробного агрегату відбувається в такий спосіб: робочі лапи, рухаючись полем, здійснюють підрізання та розпушення

ґрунтового шару на визначеній глибині, тоді як обертові котки вирівнюють поверхню ґрунту та ущільнюють його верхній прошарок.

3.2 Розрахунок основних параметрів ґрунтообробних робочих органів

Комбінований ґрунтообробний агрегат комплектувався стрілчастими лапами, параметри яких зазначено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Параметри заводських стрілчастих лап

Значення параметрів, мм	b	b_1	b_2	δ	β	γ	2γ	H
1 ряд	400	75	55	10	30˚	17˚	60˚	150
2 ряд	400	75	55	10	30˚	17˚	60˚	150
3 ряд	400	75	55	10	30˚	17˚	60˚	150

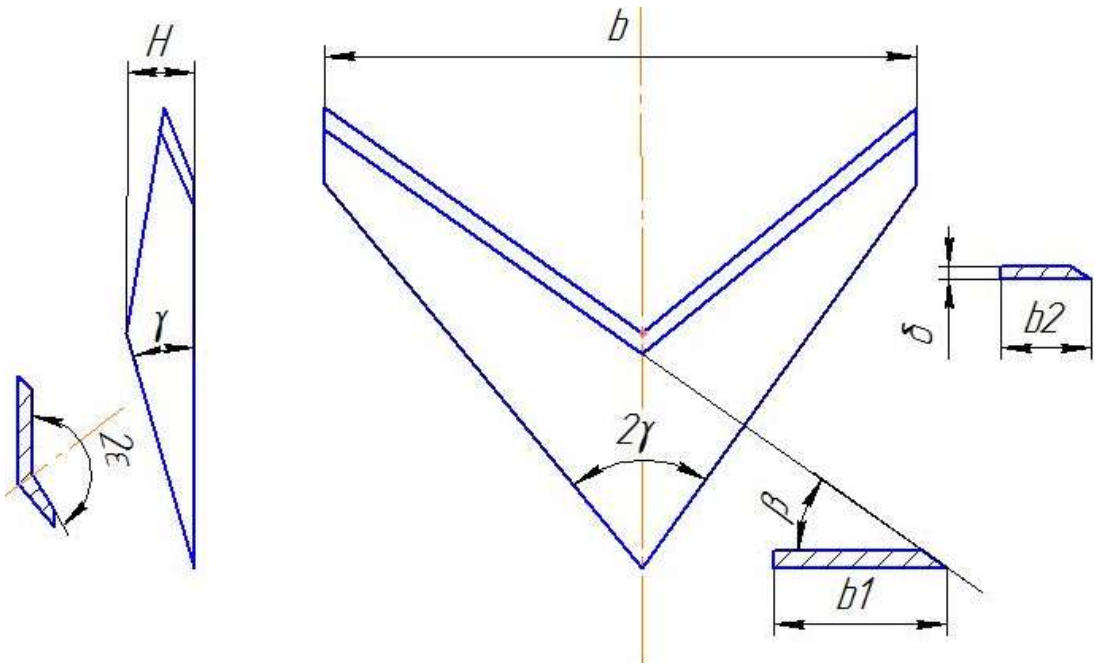


Рис. 3.2 Параметри стрілчастої лапи

Тяговий опір робочого агрегату, коли робоча глибина обробітку сягає 10-12 см, фіксується на рівні 17,5 кН. Для того, щоб знизити значення цього опору, що чинить агрегат, критично важливо провести розрахунки параметрів модернізованої стрілчастої лапи. Зокрема, це стосується визначення значення кута 2γ на верхівці лапи, оптимального розміру перекриття окремих лап

(позначається як Δb), а також ширини їхньог о захоплення (b) та низки інших характеристик.

Початковими джерелами інформації для проведення цих розрахунків є дані про конкретний тип ґрунту, а також визначена величина зміщення S для бур'яну, гарантуючи його повне підрізання або механічний розрив.

Комбінований ґрунтообробний агрегат, призначений для передпосівного обробітку ґрунту, оснащується розпушувальними лапами, що забезпечують глибину ходу від 6 до 12 см (за необхідності — до 25 см). Ці елементи розпушують землю й упорядковують рослинний бур'ян. При цьому самий робочий елемент може мати як хвостову частину, так і бути її позбавленим.

Конструкція та габарити розпушувальної лапи визначаються кутами 2γ та β, сумарною шириною охоплення b, шириною початкової b_1 та кінцевої b_2 частин крила лапи, а також радіусом кривизни. Кут γ варто підбирати так, аби виполювання бур'янів відбувалося за рахунок зісковзування, і коренева система вирваних рослин рухалася вздовж ріжучої кромки лапи, також ковзаючи. Якщо ця умова не дотримана, матиме місце накопичення рослинності на лапі, що негативно впливає на якість обробки ґрунту й підвищує опір руху агрегату.

Аби бур'ян O (рис. 3.3) міг зміщуватися по різальному краю лапи, необхідно дотримання такої умови:

$$\gamma \leq 90^\circ - \varphi \qquad (3.1)$$

де φ – кут тертя бур’яну по лезу лапи.

Якщо умова (3.1) не виконується, то вектор опору ґрунту P, спровокований бур’яном на поверхні лапи, буде проходити всередині кута тертя NOA і сила P буде недостатньою для виникнення ковзання бур’яну вздовж леза лапи.

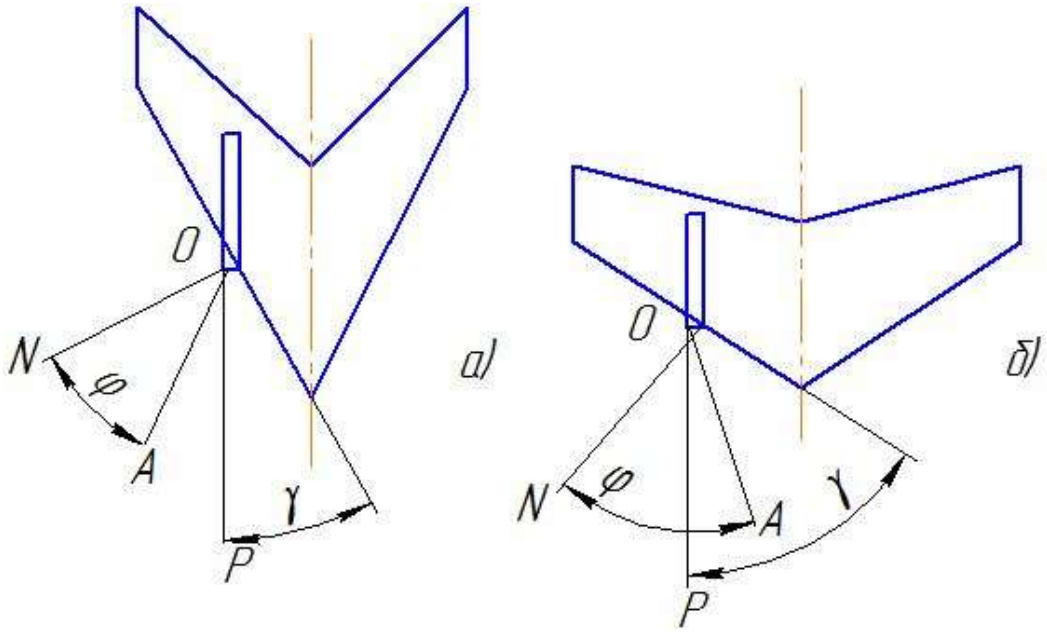


Рис. 3.3 Схема до обґрунтування кута γ: *а* – різання з ковзанням; *б* – різання без ковзання

Зазвичай, якщо спиратися на формулу (3.1), значення φ становить приблизно $\varphi \approx 47,7^{\circ}$, а кут, що утворюється у вершині лапи, не перевищує $2\gamma \leq 90°$. Проте, у ситуаціях, коли доводиться опрацьовувати важкі суглинки або коли ґрунт надмірно насичений вологою, прилипання ґрунтової маси до поверхні лапи створюватиме серйозну перешкоду для вільного ковзання бур'яну вздовж її граней. Як наслідок, для забезпечення ефективної роботи в таких несприятливих умовах, кут γ мусить бути суттєво зменшений порівняно з величиною, яку розраховано на основі співвідношення (3.1).

З іншого боку, якщо кут $\boldsymbol{\gamma}$ зменшити, то й частка скошеної рослинності знизиться, а отже, для гарантування повного зрізу бур'янів не варто опускати значення кута 2 γ нижче рекомендованого діапазону, а лише дотримуватись встановлених меж його вибору: для робочих елементів(лап), що застосовуються на важких та липких ґрунтах (суглинок чи чорнозем), кут $\boldsymbol{\gamma}$ радять обирати у межах 55-60°,тоді як для піщаних ґрунтів цей показник має становити 75-80°. Зважаючи на специфічні ґрунтові та кліматичні умови конкретного господарства, оптимальне значення для кута $\boldsymbol{\gamma}$ знаходиться у межах від 55 до 75°.

Також потрібно буде обчислити очікувану амплітуду S деформації та зміщення стебла бур'яну, що є критично важливим для встановлення необхідного ступеня перекриття робочих органів.

Коли робочий орган контактує з бур'яном O (рис.3.4), його ріжуча кромка створює навантаження на стебло, провокуючи його згинання та зміщення вздовж траєкторії OO_1. Ця лінія зміщення утворює кут φ із напрямком, перпендикулярним до площини ріжучого леза лапи.

У випадку, якщо бур'ян не буде повністю перерізано до того, як він зійде з робочої поверхні лапи, він набуде зміщення, величина якого визначається наступним співвідношенням:

$$S = \frac{\Delta b}{cos\ (\gamma + \varphi)} \tag{3.2}$$

де Δb – перекриття між лапами.

З формули (3.2) простежується, що значення S спадає при зменшенні як величини перекриття, так і кута γ. Як тільки буде встановлене рекомендоване перекриття для сусідніх робочих органів (рядів), ми зможемо за допомогою виразу (3.2) розрахувати, наскільки відхиляється (зміщується) стебло бур'яну під час функціонування модернізованого ґрунтообробного комбінованого знаряддя.

Приймаємо величину перекриття між лапами суміжних рядів Δb=30мм, для кута γ_1=55º, а для кута γ_2=75º - Δb=50мм. Тоді зміщення стебла S_1 буде рівним:

S_1=30/cos (27,5º+47,7º)=99,765мм,

S_2=50/cos (37,5º+47,7º)=131мм

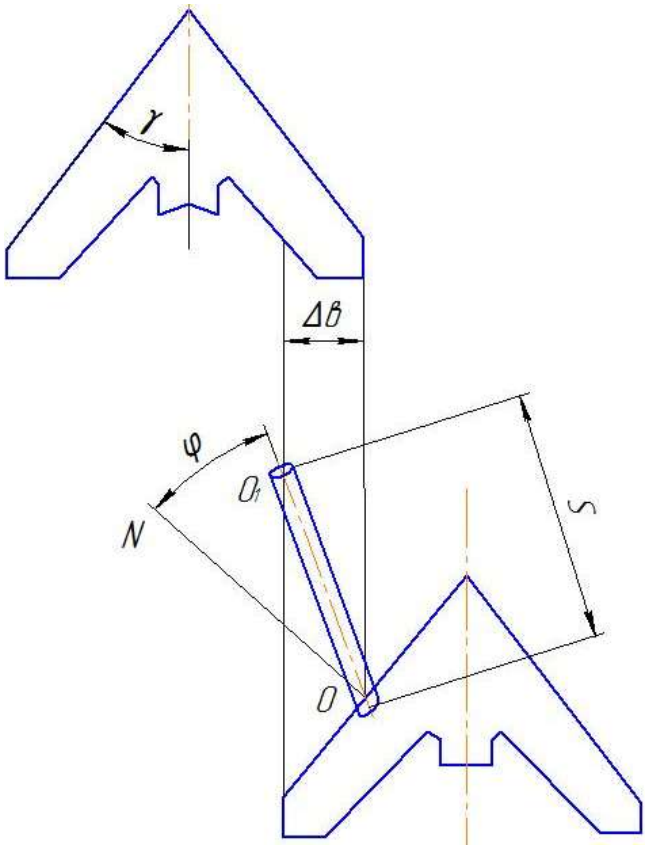


Рис. 3.4 Схема для визначення величини зміщення *S* стебла бур'яну під впливом леза лапи

Ширина захвату лапи обирається з урахуванням того, що даний параметр теж суттєво впливає на скупчення неперерізаних стебел бур'янів на кінцях крил лапи. Процес нагромадження бур'яну на лезах широкозахватних лап і його відсутність на лезах лап малої ширини захвату в тих же умовах роботи і з однаковими значеннями кутів 2γ і β, відзначено у працях багатьох дослідників.

Ця особливість носить динамічний характер, оскільки бур'яни на лезі лапи не перебувають у статичному стані, а повільно ковзають вздовж нього.

Як тільки лапа зміщується із позиції I до позиції II (рис. 3.5) у м'якому ґрунті, усі небажані рослини, розташовані на території $ABCD$,, будуть зрізані. Ці рослини почнуть рухатися слідом за лапою, водночас сковзаючи по грані лапи та збираючись у зоні, позначеній як CD.

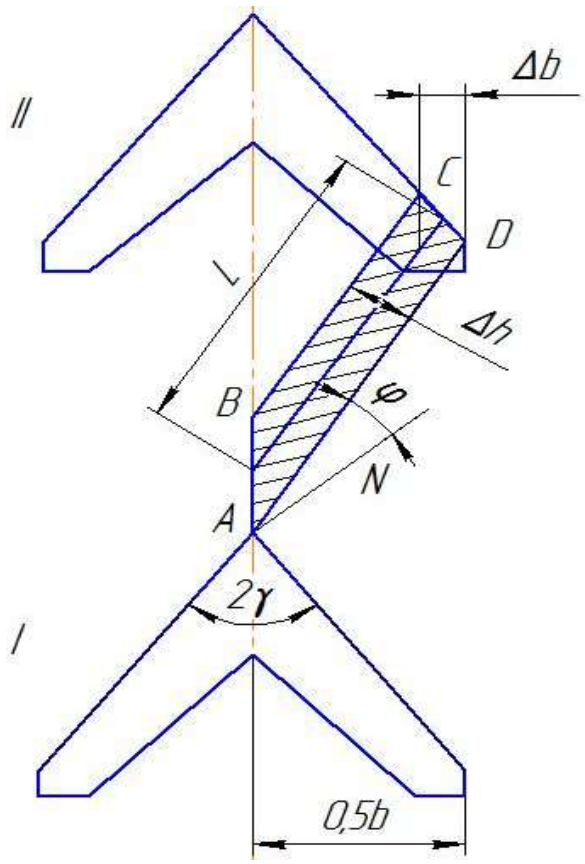


Рис. 3.5 Схема процесу динамічного обволікування бур'янами леза культиваторної лапи

Кількість бур'янів накопичених на цій ділянці леза лапи:

$$n = iL\Delta h \tag{3.3}$$

де i – число бур'янів на одиниці площі поля;

L – середня лінія трапеції;

Δh – висота трапеції $ABCD$.

Накопичення бур'яну на лезі лапи зазвичай відбувається вкінці крила ширших лап. Це зумовлено тим, що лапи більшої ширини в компонувальних схемах комбінованих агрегатів встановлюються в другому ряду.

Оскільки лапи, що мають ширшу конструкцію, рухаються по ґрунту, який вже був попередньо розпушений лапами переднього ряду опір, що діє на бур'ян

у краях крил, часто виявляється незначним. Через це тангенціальна складова цього опору не спроможна переважити силу тертя й опір ґрунтового шару, що налиплих до робочої поверхні лапи. Як наслідок, бур'ян, ковзаючи по лезу лапи, має забезпечувати самоочищення робочого органу від налиплого ґрунту.

З рис. 3.5 цілком очевидно, що саме на ділянку CD пробочої частини лапи припадає найбільше навантаження від бур'янів, які крізь неї проходять (якщо припустити, що передня частина леза їх не перерізала).

Враховуючи перекриття цих робочих елементів, довжину відрізка CD ми позначимо як Δl, тобто $CD = \Delta l$:

$$\Delta l = \frac{\Delta b}{sin\gamma} \tag{3.4}$$

Щоб забезпечити безпосередній контакт бур’янів з лезом їх кількість на ділянці леза $CD = \Delta l$ має бути не більшою за:

$$n = \frac{\Delta l}{d} \tag{3.5}$$

де d – середній діаметр стебел бур’янів (для розрахунку приймаємо d=4мм).

Площа трапеції, з якої бур’ян скупчується на ділянці Δl леза лапи, визначається висотою Δh і довжинами сторін AD і BC:

$$\Delta h = \frac{\Delta b\ cos\varphi}{sin\ \gamma} \tag{3.6}$$

$$AD = \frac{b}{2cos(\gamma+\varphi)} \tag{3.7}$$

$$BC = \frac{b}{2cos(\gamma + \varphi)} + \frac{\Delta b\ sin\varphi}{sin\gamma} - \frac{\Delta b\ cos\varphi\ tg(\gamma + \varphi)}{sin\gamma} \qquad (3.8)$$

Беручи до уваги залежність, що задана формулою (3.3), ми спроможні обчислити, яка саме ширина охоплення робочими органами лапи забезпечить виконання критерію зрізання бур'яну, включно з ділянками на краях крил цих лап:

$$b \geq \Delta b + \frac{2n\ cos(\gamma + \varphi)sin\gamma}{i\Delta b\ cos\varphi} \qquad (3.9)$$

Визначимо величину Δh:

Δh_1=30·cos 47,7º/sin 27,5º=45,941мм,

Δh_2=30·cos 47,7º/sin 37,5º=58,077мм.

Ширину захвату лапи першого ряду приймаємо b_1=370 мм, тоді:

A_1D_1=370/2 cos (27,5º +47,7º)=649,944мм,

B_1C_1=649,944+30·0,707/0,4617-30·0,707·3,1716/0,46=548,644мм,

$L_1=A_1D_1+B_1C_1/2$,

L_1=649,944+548,644/2=548,794мм

Підставивши вираз (3) у (9) матимемо:

$$b \geq \Delta b + \frac{2iL_1\Delta h_1\ cos(\gamma + \varphi)sin\gamma}{i\Delta b_1\ cos\varphi} \qquad (3.10)$$

звідки b_1 буде дорівнювати:

b_1=30+[(2·1·548,794·45,941)·cos (47,7º+27,5º)·sin 27,5º/ 30·cos 47,7º]=368,37мм

Згідно з отриманими розрахунками, умова для зрізання бур'яну лапою (зокрема, кінцями її крил) вважається виконаною.

Тепер обчислимо аналогічні параметри, але вже для кута нахилу $\gamma = 37{,}5º$.

Для лапи другого ряду приймемо ширину захвату $b_2 = 400$ мм, отже

A_2D_2=400/2cos(37,5º+47,7º)=2064,1мм,

B_2C_2=2064,1+(50·0,707/0,608)-(50·0,707·7,59/0,608)=1280,95мм,

$L_2=A_2D_2+B_2C_2/2$,

L_2=2064,1+1280,95/2=1672,36мм,

b_2≥50+[(2·1·3344,525·58,07)·0,1305·0,608/1·50·0,707]=398,52мм.

Ґрунтуючись на отриманих розрахунках, можна констатувати, що умова прорізання бур'яну лапою (навіть її наконечниками) дотримана.

Ширина захоплення лапи, що знаходиться на другому ряду, встановлюється як $b_3 = 420$ мм, тоді:

A_3D_3=420/2cos(37,5º+47,7º)=2164,1мм,

B_3C_3=2164,1+(50·0,707/0,608)-(50·0,707·7,59/0,608)=1430,56 мм,

$L_3=A_3D_3+B_3C_3/2$

L_3=2164,1+1430,56/2=1799,33мм.

b_3≥50+[(2·1·3344,525·58,07)·0,1305·0,608/1·50·0,707]=419,52мм.

На основі отриманих розрахунків, можна стверджувати, що умова зрізання бур'яну робочими елементами (лапами, навіть їхніми крайніми частинами) виконується.

Далі, ми звіряємо результати цих розрахунків з тими рекомендаціями, що встановлені для певних ґрунтів: для глинистих ґрунтів максимальна ширина робочого елемента не повинна перевищувати 35 см, тоді як для супісків цей ліміт становить до 45 см.

При визначенні оптимальної робочої ширини лап (згідно з формулою (9)) слід зважити на той факт, що лапи, розташовані у задньому ряду, працюють у ґрунті, вже частково розпушеному передніми лапами. Як наслідок, вони піддаються меншим опорам, що дозволяє зробити їх ширшими, ніж лапи, розміщені спереду. За прикладом стандартно застосовуваних габаритів, можна встановити наступну залежність:

$$b_{\text{пер}} = 0{,}82 b_{\text{зад}} \qquad (3.11)$$

Таким чином, для клейких глинистих ґрунтів: b_1=370·0,82=303,27мм; b_2=400·0,82=328,44мм; b_3=420·0,82=344,44мм - умова b≤350мм задовольняється; для супіщаних b≤450 мм умову також задовольняється.

Ступінь, до якої ґрунт розпушується робочим органом у вигляді стрілчастої лапи, визначається значеннями кута β та ширини крила лапи: чим менші ці параметри, тим незначніше буде розпушення ґрунту. Залежно від величини кута β , лапи культиваторів класифікують на дві групи: плоскорізні (з β у діапазоні 12 - 18°) та універсальні (з β від 25 - 30°).

Ширина крила лапи не є постійною величиною: вона більша біля передньої частини (носка) лапи і зменшується до її кінця. Найменша ширина крила

становить b_2=30 - 55мм, тоді як найбільша ширина дорівнює b_1= b_1=b_2·1,5.. Як приклад, якщо взяти мінімальну ширину крила за b_2=55 мм, то максимальна ширина становитиме b_1=1,5·50=75мм.

Маємо, що вибір товщини захоплюючої частини, позначеної як δ, диктується шириною охоплення.

Для загального призначення цих елементів, товщина має задовольняти умову: $\delta \leq 0{,}025b$. Звідси, для захоплень із шириною 370 мм, 400 мм та 420 мм відповідні визначення товщини будуть такі:

$\delta_1 \leq 0{,}025 \cdot 370 = 7{,}4$мм; $\delta_2 \leq 0{,}025 \cdot 400 = 8{,}4$мм; $\delta_3 \leq 0{,}025 \cdot 420 = 9{,}2$мм.

Заточування леза лапи будемо виконувати комбінованим.

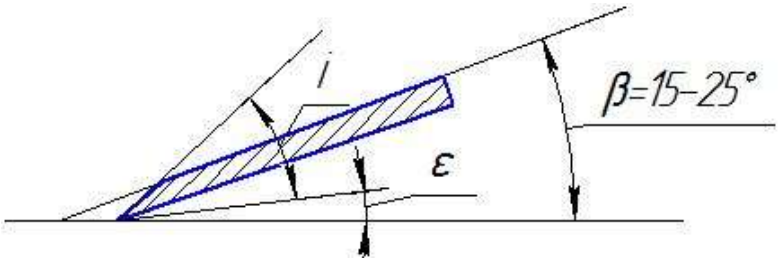


Рис. 3.6 Комбінований спосіб заточування леза лапи

Аби лапа тримала стабільний хід по глибині, її лезо мусить мати додатний задній кут різання $\varepsilon \geq 10°$ (рис. 3.6).

Беручи до уваги характеристики матеріалу, з якого зроблена лапа, кут заточування i не повинен бути меншим за 12 - 15°, отже, передній кут різання розраховується так:

$$\beta_0 = i + \varepsilon = (12° \div 15°) + 10° = 22 \ldots 25°.$$

Тому саме заточку різальної кромки реалізують комбінованим методом. Для покращених захоплень кут заточування обираємо рівним 12°.

Кут α, (рис. 3.7) що формується між лінією A'B' та опорною площиною, можна обчислити, застосувавши таку формулу:

$$tg\alpha = \frac{B'C'}{A'C'} \tag{3.12}$$

однак, $B'C' = b_1 sin\beta$

а $A'B' = \frac{b_1 cos\beta}{sin\gamma}$

тому $tg\alpha = tg\beta sin\gamma$ (3.13)

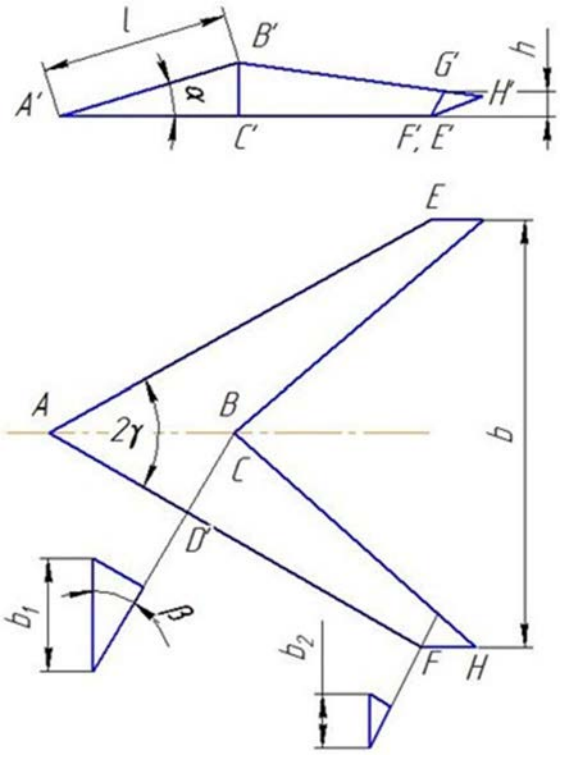


Рис. 3.7 Проекція стрілчатої лапи

Довжину l, яка визначає положення верхньої точки лапи B' буде:

$$l = b_1 \frac{sin\beta}{sin\alpha} \tag{3.14}$$

$tg\alpha$=tg15º·sin27,5º=0,27·0,47=0,13, кут α=7,4°; $tg\alpha = tg25 \cdot sin$37,5º=0,284 кут, α=15°; l_1=75·0.258/0,128=151мм; l_2=57·0,422/0,258=122,64мм. [20 - 22]

Розраховані параметри культиваторних лап наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Параметри розрахованих стрілчастих лап

Значення параметрів лап, мм	b	b_1	b_2	δ	β	γ	2γ	H
1 ряд	370	55	45	8	28˚	15˚	60˚	150
2 ряд	400	60	55	8	30˚	15˚	60˚	150
3 ряд	420	65	55	8	35˚	18˚	60˚	150

Ми плануємо оснастити покращений ґрунтообробний комбінований агрегат робочими органами від компанії KUHN, оскільки вони задовольняють практично всі необхідні технічні розрахунки.

3.3 Розрахунки показників тягового опору комбінованого ґрунтообробного агрегата

Визначення чисельних значень сил, що чинять опір руху робочих органів (лап) переднього та заднього рядів, є початковим етапом розрахунку тягового опору. Ці сили залежать від глибини опрацювання, ширини захоплення кожного елемента та характеристик ґрунту.

Тяговий опір який доводиться долати одному робочому елементу (лапі), визначається шляхом використання значень питомого опору (позначеного як q,) та розрахункової ширини його захоплення b:

$$R_x = qb \tag{3.15}$$

де q – питомий опір ґрунту, Н/мм;

b – ширина захвату лапи, мм.

Значення показників питомого тягового опору стрілчастих лап шириною захвату 350 - 450мм при робочій швидкості 6 км/год наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Питомий опір стрілчастих культиваторних лап

Глибина обробітку, см	6	8	10	12
Питомий опір, Н/мм	1,8 - 2,0	1,9 - 2,3	3,1 - 3,7	4,0 - 4,8

Зростання швидкості руху комбінованого агрегату на одну кілометр за годину (якщо швидкість перевищує 6 км/год) спричинить 10% збільшення тягового опору, що чиниться лапами.

Для виконання подальших обчислень, значення питомого опору лапи встановлюємо як q=4,8 Н/мм, оскільки планується передпосівна обробка ґрунту на глибину 12 см. Ширину робочого захвату лапи визначено як максимально можливу - b=420 мм.

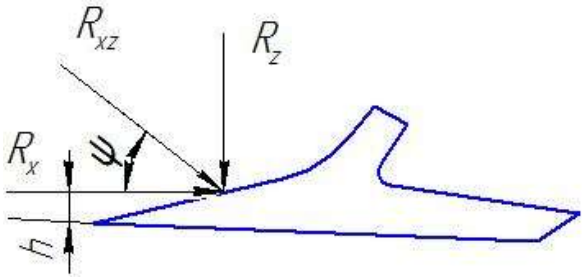


Рис. 3.9 Розподіл сили тягового опору ґрунту на поверхню лапи.

Проте, питомий опір передніх лап значно більший, приблизно вдвічі, ніж у задніх лап. Цей нюанс є важливим для коректного розрахунку тягового опору кожного окремого елемента лапи.

$$q_{\text{пер}} = 1{,}33q, \tag{3.16}$$

$$q_{\text{зад}} = 0{,}67q, \tag{3.17}$$

Тяговий опір лап визначається аналогічно з виразу (3.15):

$$R_{x\text{пер}} = q_{\text{пер}} b_{\text{пер}} \quad (3.18)$$

$$R_{x\text{зад}} = q_{\text{зад}} b_{\text{зад}} \quad (3.19)$$

Окрім сили, що долає опір руху, на робочий орган впливає також вертикальний компонент ґрунтового опору, позначимо його як R_z.

Коефіцієнт m визначається як тангенс кута β_0, $m = tg\beta_0$, він відображає відношення між вертикальною R_z та горизонтальною R_x складовими загального опору. Величина m може суттєво коливатися, набуваючи як позитивних, так і негативних значень, залежно від низки факторів: гостроти ріжучої кромки робочого органу, кута різання, міцності ґрунту та глибини обробітку. Негативне значення кута Ψ (що, ймовірно, пов'язано з кутом, що впливає на співвідношення R_z / R_x) спостерігається тоді, коли для роботи використовується зношене (затуплене) лезо на високоміцних, сухих ґрунтах. Умови, типові для обробки ґрунту на глибину 10–12 см, зазвичай відповідають середній вологості ґрунту та куту різання β_0 у діапазоні 22 - 28˚ Для подальших розрахунків ми будемо використовувати значення β_0=25˚.

q_1=1,33·4,8=5,050 Н/мм,
q_2=0,67·4,8=3,216 Н/мм,
q_3=0,67·4,8=3,216 Н/мм

Обчислюємо значення тягового опору переднього ряду лап R_{xz1}:

$$R_{xz1}=q_{пер}\cdot b_{пер}\cdot\cos 25^{o}=5{,}05\cdot 370\cdot 0{,}906=1681 \text{ Н},$$

Обчислюємо значення тягового опору другого ряду лап R_{xz2}:

$$R_{xz2}=q_{зад}\cdot b_{пер}\cdot\cos 25^{o}=3{,}216\cdot 400\cdot 0{,}906=1165\text{Н},$$

Обчислюємо значення тягового опору третього ряду лап R_{xz3}:

$$R_{xz3}=q_{зад}\cdot b_{пер}\cdot\cos 25^{o}=3{,}216\cdot 420\cdot 0{,}906=1296\text{Н}$$

Місце, де лінія дії сили R_{xz}пронизує площину підошви, визначається величиною h, яка має прямий зв'язок із глибиною обробки:

$$h = (0{,}5 \div 0{,}3)a \qquad (3.20)$$

$$h=0{,}5\cdot 120=60мм$$

Загальну величину тягового опору агрегату визначаємо за формулою:

$$P = R_{xz1}n + R_{xz2}n + R_{xz3}n \qquad (3.21)$$

де n – кількість лап в ряду.

Оскільки перший та другий ряди містять по чотири лапи кожен, а третій – лише дві, отже, сумарний опір тязі буде розраховано так:

$$P=1681\cdot 4+1165\cdot 4+ 1296\cdot 2=13976\text{ Н}$$

Проте варто взяти до уваги, що до складу конструкції ґрунтообробного агрегата входять прикочувальні колеса, на які припадає приблизно 8% (1000 Н) тягового спротиву, тому величина загального тягового спротиву становитиме 15000 Н. Заміна штатних робочих органів ґрунтообробного агрегата на нові дозволить зменшити тяговий опір на 15%.[20 - 22].

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Стан охорони праці сільськогосподарського підприємства

Охорона праці у приватному підприємстві «Чайківка» займають чільне місце у структурі загальної діяльності підприємства. Безпеці робітників надається потрібна увага, зокрема у питаннях створення затишних і безпечних умов праці, забезпечення засобами індивідуального захисту та, за потреби, спеціальним харчуванням. У господарстві діє амбулаторія, персонал якої проводить медичний огляд та надає первинну медичну допомогу. У виробничих приміщеннях, гаражі та майстернях облаштовано санітарно-гігієнічні кімнати з підведенням основних комунікацій: теплопостачання, водопостачання і каналізації.

Кабінет охорони праці розташовується в приміщенні ремонтної майстерні. Він оснащений навчальними плакатами та стендами, зразками індивідуальних засобів захисту та технічними засобами пожежогасіння. Згідно рекомендацій щодо проведення інструктажів, в кабінеті охорони праці виконують: вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктажі.

У штаті підприємства є посада інженера з охорони праці, на яку призначений фахівець із вищою освітою та 10-річним досвідом роботи. Інженер підпорядковується напряму керівникові господарства. Він обліковує травматизм, аналізує причини нещасних випадків, проводить інструктажі, а також разом із керівником господарства бере участь у розробці та нагляді виконання плану заходів щодо охорони праці.

Провідні фахівці здійснюють нагляд за станом охорони праці на усіх об'єктах господарської діяльності, виявляють вади, розробляють та вживають кроки щодо їх усунення. Керівники відділів проводять інструктажі на робочих місцях, пильнують за станом технічних засобів, інспектують наявність

та справність засобів пожежогасіння, а також не дозволяють до роботи осіб, які не пройшли відповідний інструктаж з охорони праці.

Очільник підприємства несе відповідальність за забезпечення належного рівня охорони праці. Він систематично оглядає умови праці у виробничих цехах, майстернях та автопарку, а також щороку надає звіт про нещасні випадки на виробництві до відповідної комісії з аграрних питань при місцевій державній адміністрації. Трудові взаємини в організації регламентуються через колективний договір, який містить відповідні розділи, присвячені безпеці праці та захисту життєдіяльності.

4.2 Заходи охорони праці при виконанні ґрунтообробних операцій

4.2.1. Загальні положення

4.2.1.1. До керування машино-тракторним агрегатом допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають посвідчення на право керування і визнані медичною комісією придатними до цієї роботи..

4.2.1.2. Особа, яка наймається на посаду тракториста-машиніста (тракториста), зобов'язана пройти первинний інструктаж із питань охорони праці, а також інструктажі з питань виробничої гігієни та пожежної безпеки. Крім того, вона повинна володіти навичками надання первинної медичної допомоги, а також особисто засвідчити ознайомлення з умовами праці, наданими правами та пільгами за роботу у небезпечних чи шкідливих умовах, і правилами дій у разі виникнення аварійних обставин.

Безпосередньо на робочому місці, перед тим, як приступити до виконання своїх обов'язків, тракторист-машиніст зобов'язаний пройти вступний інструктаж. Після завершення цього заходу, у Журналі вступного інструктажу з питань охорони праці та Журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці необхідно зробити відповідний запис, засвідчений особистими підписами як тракториста-машиніста, так і посадової особи підприємства, яка проводила інструктування.

4.2.1.3. Новопризначений тракторист-машиніст, після того, як йому буде проведено первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці, повинен протягом періоду від 2 до 15 робочих змін (терміни залежать від наявного досвіду, стажу роботи та специфіки виконуваних завдань) проходити виробниче стажування. Керівництво цим стажуванням покладається на досвідченого та висококваліфікованого тракториста-машиніста, якого роботодавець (підприємство) офіційно призначає відповідним наказом чи розпорядженням.

4.2.1.4. Повторний інструктаж із заходів безпеки та життєзабезпечення тракторист-машиніст зобов'язаний проходити:

– регулярно, щонайменше раз на три місяці;

– коли його знання визнано незадовільними – у термін, що не перевищує одного місяця роботи;

– у разі, коли він став учасником виробничого нещасного випадку або порушив норми охорони праці, але без настання травмування.

4.2.1.5. Тракторист-машиніст повинен працювати в спецодязі і спецвзутті, які передбачені Типовими галузевими нормами: бавовняному комбінезоні, комбінованих рукавицях, береті, сигнальному жилеті, черевиках. Крім того, на зовнішніх роботах взимку: утеплених куртці, штанах, валянках і чоботах. Спецодяг і спецвзуття мають відповідати антропометрії працівника. Заборонено працювати в одязі, просоченому пально-мастильними матеріалами..

4.2.1.6. Слід застосовувати ручний, електричний, гідравлічний та пневматичний інструмент виключно відповідно до його прямого призначення.

4.2.1.7. Робоче місце тракториста-машиніста, включаючи органи керування та контрольно-вимірювальні прилади, повинно підтримуватися у чистоті, бути сухим та не містити сторонніх предметів, здатних перешкоджати оглядовості.

4.2.1.8. Категорично заборонено зберігати в кабіні трактора ганчір'я з просоченням мастильними або паливними матеріалами, а також будь-які види пального чи інші займисті субстанції.

4.2.1.9. Наповнення трактора паливом слід здійснювати лише за умови використання спеціалізованого заправного обладнання. Дозволяється заправка трактора у темний час доби лише при забезпеченні належного штучного освітлення. При цьому категорично заборонено використання будь-яких відкритих джерел вогню.

4.2.1.10. Якщо трактор оснащений пусковим двигуном, допускається його заправлення бензином з етиловими присадками виключно механізованим методом на спеціальних паливно-заправних пунктах. Категорично забороняється наповнювати бак таким пальним за допомогою відра чи будь-яких інших імпровізованих посудин.

4.2.1.11. Необхідно здійснювати регулярний контроль за паливною системою трактора, і якщо виявлено будь-які витоки палива, негайно усунути джерело проблеми та ретельно витерти всі сліди протікання.

4.2.1.12. Заборонено експлуатацію машини за умови несправного або відсутнього звукового сповіщувача. Так само забороняється використання трактора у темний час доби, якщо його освітлювальні прилади або світлова сигналізація не функціонують належним чином.

4.2.1.13. Перш, ніж залишити кабіну трактора, необхідно встановити важіль перемикання передач у нейтральне положення і увімкнути стоянкове гальмо.

4.2.1.14. Перш ніж завантажувати трактор на авто-, залізничний чи будь-який інший транспортний засіб, слід підняти зчеплення до найвищого положення та закріпити його у цій позиції за допомогою механічного стопора. Також є обов'язковим злити охолоджувальну рідину із системи живлення двигуна, викачати паливо з баку, від’єднати акумуляторну батарею та задіяти стоянкове гальмо.

4.2.1.15. У процесі завантаження й розвантаження трактора слід застосовувати спеціалізовані захвати, які гарантують збереження цілісності кабіни та зовнішніх елементів машини, а також забезпечують безпеку відповідних маніпуляцій.

4.2.1.16. Тракторист-машиніст зобов'язаний досконало володіти техніками керування трактором, дотримуючись їхньої чіткої послідовності під час пуску як допоміжного, так і основного двигуна; при подальшому запуску двигуна та русі машини; а також під час зупинки як трактора, так і двигуна.

4.2.1.17. Під час експлуатації заборонено будь-які операції з обслуговування трактора та навісного обладнання, як-от змащення, закріплення елементів, заправлення паливом чи технічними рідинами, регулювання чи очищення.

4.2.1.18. Категорично заборонено проводити будь-які ремонтні роботи, що вимагають перебування під трактором або причіпними машинами, доки відбувається ремонт самого двигуна.

4.2.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

4.2.2.1. Перед початком роботи необхідно провести огляд машино тракторного агрегату, переконавшись у його справності приступати до запуску двигуна.

4.2.2.2. Перед тим, як заводити двигун, мусиш виконати такі кроки:

– здійснити усі планові щозмінні роботи з обслуговування (ЩТО), аби підготувати трактора до експлуатації;

– ретельно перевірити, чи належно працює електрика, а також усі світлові та попереджувальні прилади;

– відкрутити вентиль, що перекриває паливо у головному бакові;

– якщо треба, вигнати повітря із паливної системи.

4.2.2.3. Аби завести двигун, Вам потрібно виконати такі кроки:

– Важіль «коробки передач» мусить бути встановлений у нейтралі;

– Акумуляторну батарею слід з'єднати з бортовою мережею, увімкнувши кнопку «вимикача маси» до клацання;

– Важіль подачі пального має бути переміщений у позицію «Вимкнено»;

4.2.2.4. Щоб полегшити запуск двигуна, коли приходить зима, в систему охолодження двигуна варто залити антифриз.

4.2.2.5. Заправлення системи охолодження двигуна антифризом слід проводити за допомогою спеціально посуду (бачка, воронки, каністри). У разі використання для заправлення антифризом неспецифічного посуду, він повинен бути чистим від твердих відкладень та іржі, промитий лужним розчином і пропарений. Такий посуд повинен мати надпис: «Тільки для антифризу». Додатково при заправленні антифризом потрібно вжити заходів, що виключають попадання в антифриз нафтопродуктів (бензину, дизельного палива, оливи тощо), оскільки це призводять до спінювання антифризу.

4.2.2.6. Якщо трактор не має розширювального бачка у системі охолодження, заливати антифриз варто в об’ємі, що на десять відсотків менший від загального об’єму системи. Це зумовлене тим, що антифриз при нагріванні збільшується в об’ємі значніше, ніж звичайна вода, що може спричинити його вилив. Категорично заборонено переливати або відкачувати антифриз із системи, використовуючи шланг і всмоктуючи його ротом. Після завершення роботи, пов'язаної з використанням антифризу, необхідно ретельно вимити руки, використовуючи мило або інший мийний засіб та воду.

4.2.2.7. Не дозволяється заводити головний двигун без попереднього обертання колінчастого вала, особливо у холодну пору року, коли густина мастила підвищена, і його подача до підшипників затримується.

4.2.2.8. Запуск двигуна при несправності або відсутності охолоджувальної рідини у системі суворо заборонений.

4.2.2.9. У зимовий період заборонено застосовувати відкрите полум'я для полегшення пуску двигуна.

4.2.2.10. Аби запобігти зворотному удару внаслідок раннього займання пального, заборонено заводити двигун, коли він надмірно розігрітий.

4.2.2.11. Рушаючи з місця, а також при здійсненні повороту чи зупинці трактора, тракторист-машиніст мусить подати попереджувальний сигнал персоналу, що знаходиться на агрегатах, причеплених позаду.

4.2.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

4.2.3.1. На тракторах, обладнаних механічною трансмісією, у процесі руху зчеплення мусить бути абсолютно замкненим, аби уникнути проковзування дисків, що, своєю чергою, спричиняє надмірне зношування фрикційних елементів. Перемикати передачі необхідно при повністю вимкненій муфті зчеплення.

4.2.3.2. Зчіпний пристрій трактора має бути у повному комплекті та належним чином відрегульований. Заборонено експлуатацію зчіпного пристрою, що має помітні сліди пошкоджень.

4.2.3.3. Тракторист-машиніст зобов'язаний спершу вивчити завдання й технологію, що застосовується у виробничому процесі. Йому слід переконатися у належному стані захисних бар'єрів та у тому, що попереджувальні знаки розташовано відповідно до вимог. Крім того, необхідно ретельно вивчити топографію та специфіку ділянки поля, де планується виконання робіт.

4.2.3.4. Категорично заборонено здійснювати переміщення з кабіни трактора на агрегат, що ним буксирується, та у зворотньому напрямку, коли транспортний засіб перебуває у русі.

4.2.3.5. Починати рух суворо заборонено, якщо між трактором та навісним/причіпним обладнанням присутні будь-які особи.

4.2.3.6. Керуючи трактором, механізатор зобов'язаний контролювати свідчення приладів моніторингу:

– показники тиску в системі змащення двигуна (на робочих обертах 3–5 кгс/см^2, на мінімальних обертах простою – не менш як 1 кгс/см^2);

– ступінь нагріву охолоджуючої рідини в системі охолодження, який має становити 75 – 100°С (заборонено експлуатувати двигун під навантаженням, якщо його температура менша за 75°С, адже це призводить до прискореного зносу частин циліндро-поршневого вузла та погіршення паливної ефективності двигуна).

4.2.3.7. Аби унеможливити отримання опіків від пари чи розпеченої рідини (наприклад, антифризу) під час ремонту радіатора на двигуні, що перегрівся, знімати кришку радіатора слід винятково у захисних рукавицях.

4.2.3.8. Дозволяється експлуатація пари тракторів, обладнаних причіпними знаряддями, одночасно, за умови, що відстань між машинами становить не менше двадцяти метрів, а проміжок по довжині – не менше десяти метрів.

4.2.3.9. У процесі виконання робіт заборонено таке:

– доручати керування трактором особі, яка не володіє відповідним посвідченням тракториста-машиніста;

– залишати працюючий трактор без нагляду (з увімкненим двигуном);

– перебувати поза межами кабіни трактора (на його рамі чи інших елементах конструкції);

– стояти поруч із колесами або гусеничним рушієм трактора, на небезпечній відстані;

– виконувати роботи з від’єднання агрегату від трактора до повної його зупинки;

– перевозити сторонніх осіб у кабіні трактора як пасажирів.

4.2.3.10. Технічне обслуговування за трактором слід здійснювати виключно після повного його припинення, з непрацюючим двигуном, важіль перемикання передач має бути у нейтральному положенні, навісний механізм опущений, а вимикач маси деактивований.

4.2.3.12. Працівник, який керує трактором, зобов'язаний використовувати для технічного обслуговування лише інструменти та пристрої у належному стані.

4.2.3.13. Слід застосовувати гайкові ключі, що відповідають розміру, уникаючи використання будь-яких прокладок між робочими поверхнями ключа та гранями гайок чи болтів. Аби убезпечити себе від поранень під час затягування різьбових з’єднань, слід бути обережним із розташованими поруч елементами, що мають гострі кути чи краї.

4.2.3.14. Слід здійснювати контроль рівня мастила у фінальних редукторах виключно після того, як вони повністю охолонуть.

4.2.3.15. У процесі обслуговування акумуляторних батарей (АКБ) категорично заборонено використовувати відкрите полум'я для визначення рівня електроліту. Огляд та роботи з АКБ слід виконувати з підвищеною обережністю.

4.2.3.16. Для правильного приготування електроліту спершу слід налити у ємність воду, а вже потім, постійно перемішуючи, повільною, тонкою цівкою додавати кислоту. Дотримання послідовності у зворотному порядку суворо заборонено.

4.2.3.17. Під час тестування рівня заряду акумуляторної батареї за допомогою розрядної вилки, категорично забороняється торкатися нагрітого елемента опору, бо це може спричинити термічний опік кінцівки.

4.2.3.18. Регулювання натягу пасового приводу вентилятора дозволено виконувати винятково тоді, коли двигун повністю заглушений.

4.2.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.2.4.1. Перш ніж глушити мотор, слід дати йому попрацювати приблизно п'ять хвилин без навантаження, на середніх та низьких обертах колінвала, і лише після цього повністю заглушити. Цей проміжок часу необхідний для того, аби мастило встигло розігнатися до всіх вузлів тертя.

4.2.4.2. Після закінчення роботу, необхідно провести контрольний огляд трактора та операції по технічному обслуговуванню. Забезпечити виключення можливості запуску двигуна сторонніми особами.

4.2.4.3. По завершенні виконання робіт, механізатору слід зняти робочий одяг, ретельно очистити його від пилу та забруднень, а потім розмістити у визначеному місці для зберігання. Йому необхідно вимити обличчя та руки у теплій воді з використанням мила або прийняти душ.

4.2.4.5. Щодо будь-яких дефектів чи поломок, які були зафіксовані під час експлуатації чи під час огляду, тракторист-машиніст зобов'язаний проінформувати інженера або особу, що приступає до наступної зміни.

4.2.5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.2.5.1. При появі стуків і шумів у двигуні трактора необхідно негайно зупинити двигун і здійснити заходи щодо усунення несправності. Якщо частота

обертання колінчастого вала двигуна починає самочинно збільшуватися (двигун іде в рознос), необхідно припинити подачу палива, перемістивши важіль подачею палива до упору вгору та повідомити про це інженерну службу.

4.2.5.2. Щоб екстрено загальмувати трактор, слід витиснути зчеплення та натиснути на будь-яку з двох здвоєних гальмівних педалей. Для повної зупинки на довший час, необхідно перевести важіль коробки передач у нейтраль і витиснути зчеплення. Якщо трактор стоїть на схилі, праву гальмівну педаль слід зафіксувати за допомогою храпового механізму.

4.2.5.3. Аби запобігти термічним ураженням, знімати шланги обігрівача радіатора, доки двигун працює, суворо заборонено.

4.2.5.4. При виникненні пожежі на тракторі потрібно негайно відімкнути АКБ, полум’я гасити порошковим чи вуглекислотним вогнегасником, засипати ґрунтом або накрити щільною тканиною (брезентом).

Забороняється заливати водою паливо, що горить.

4.2.5.5. Аби убезпечити трактор від перекидання, не варто рухатися через схили, кут нахилу яких перевищує 15°. Перетинати рови, горби та інші перепони слід обережно, знизивши швидкість та уникаючи різких нахилів трактора. Заборонено робити різкі повороти трактором, коли до нього приєднане знаряддя.

4.2.5.6. У разі нещасного випадку механізатор повинен володіти навичками надання невідкладної долікарської допомоги постраждалому, а у критичних ситуаціях - забезпечити виклик бригади швидкої медичної допомоги.

4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища

Захист довкілля постає як система дій, що ґрунтується на наукових засадах, метою яких є збереження, розумне використання природних скарбів та оздоровлення екологічної обстановки на користь нинішніх та прийдешніх поколінь.

Промислові викиди, з якими сьогоденна людина має справу, класифікують за такими типами:

механічні – це засмічення повітря, землі та водних ресурсів твердими елементами, які не є природними для цих середовищ;

хімічні – пов'язані з формуванням, вивільненням та концентрацією рідких, твердих та газоподібних хімічних сполук, які втягуються у взаємодію з довкіллям;

фізичні – охоплюють теплові й світлові впливи, змінені магнітні поля та радіаційне випромінювання, окрім того, акустичні та вібраційні явища;

біологічні – введення у природне середовище різноманітних форм життя, спричинене людською активністю, що призводить до пошкодження екосистеми.

Ремонтні цехи та майстерні здатні випускати усі згадані типи забруднювальних речовин, або ж вони накопичуються у ході миття й чищення транспортних засобів та під час їх відновлювальних робіт.

У Розділі 16 Основного Закону України (Конституції) зазначено, що забезпечення екологічної безпеки лежить на обов'язку держави, стаття 50 закріплює за громадянами право на довкілля, сприятливе для життя і здоров'я, а стаття 66 підкреслює, що кожен має зобов'язання не завдавати шкоди природі та, у випадку її заподіяння, відшкодувати завдані втрати.

Значну частку у справі захисту довкілля відіграють фахівці аграрного сектору, особливо зважаючи на той факт, що агротехніка слугує одним із головних антропогенних факторів забруднення оточуючого середовища. Автопарк, що заподіяний у цій сфері, також визнається глобальним екологічним викликом.

Зниження рівня забруднення довкілля можливе завдяки впровадженню продуманого підходу до використання парку машин і тракторів, що охоплює такі ключові аспекти:

- забезпечення бездоганного технічного стану машин та точне налаштування їхніх вузлів і механізмів;
- ефективне управління та використання технічних засобів;
- найбільш вдале залучення автомобільного транспорту;
- обґрунтоване застосування техніки під час виконання перевезень.

Ступінь забруднювальних речовин, що виділяються тракторами, автівками та комбайнами, значною мірою детермінований їхнім технічним станом. У фокусі цього перебувають їхні двигуни. З огляду на це, у процесі технічного супроводу та відновлення слід приділяти значну питому вагу досягненню найкращих налаштувань, а також оперативному виявленню й виправленню дефектів у системах живлення та випуску двигуна.

Небажаний вплив на екологічну ситуацію спричиняють заправні вузли для паливно-мастильних речовин, де найчастіше під час заправляння техніки та складування нафтопродуктів стається забруднення ґрунтового покриву та водних підґрунтових горизонтів.

Отже, у процесі виконання робіт з ремонту та обслуговування, відпрацьовані рідини підлягають зберіганню у герметичній тарі й мусять бути вчасно спрямовані на процеси регенерації. Водночас, мийні та очисні заходи дозволяється виконувати лише на попередньо визначених та обладнаних територіях. При розробці планування зон, призначених для технічного обслуговування та ремонту техніки, а також дільниць, де здійснюються розбирання, збирання та випробування агрегатів, слід передбачити та впровадити механізми централізованого збору відпрацьованих технічних рідин, включаючи їх облік та подальше знешкодження.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

5.1 Визначення економічного ефективності удосконалення комбінованого ґрунтообробного агрегату

Для удосконалення комбінованого агрегату потрібно закупити культиваторні лапи, в табл. 5.1 наведені ціни на лапи потрібних параметрів які нам потрібні.

Таблиця 5.1

Витрати на придбання необхідних деталей

№	Найменування	Кількість	Ціна за шт, грн	Сума, грн
1	Лапа *b*=370	4	987	3948
2	Лапа *b*=400	4	1465	5860
3	Лапа *b*=420	2	1788	3576
Разом, грн				13384

Дані про амортизаційні відрахування, відрахування на ТО і ремонт, річне навантаження і тарифні ставки на виконання технологічних операцій були надані мені підприємством. «Чайківка» встановлені такі терміни корисного використання: на трактор 5 років, на комбінований ґрунтообробний агрегат - 3 роки, виходячи з цього амортизаційні відрахування на трактор становлять 1,66%, на ґрунтообробний агрегат - 2,77%.

Відрахування на ТО і ремонт трактора становлять 1,5%, ґрунтообробного агрегату - 2%. Вартість одного гектара передпосівної культивації становить 560грн за 1 гектар.

Економічні показники, які характеризують ефективність використання удосконаленого агрегату, визначимо згідно із ДСТУ-4397:2005 за загальноприйнятою методикою [6].

Базовою моделлю буде машинно-тракторний агрегат у складі трактора Case Puma 155 і комбінованого ґрунтообробного агрегату Cross-4. Модернізованою машиною буде ґрунтообробний агрегат Cross-4 з удосконаленими робочими органами. Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання ґрунтообробного агрегату з новими робочими органами

Показник	Значення показників для МТА	
	Case Puma 155+Unia Cross-4 (базовий)	Case Puma 155+Unia Cross-4 (удоск.)
1	2	3
Вартість ґрунтообробного агрегату, грн	1 214 487	1 227 871
Вартість трактора, грн	1 741 658	1 741 658
Річне завантаження трактора, год.	650	650
Річне завантаження агрегату, год.	250	250
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Продуктивність за годину змінного часу, га	4,59	4,7
Приведені затрати на оплату праці, грн/га.	33,99	33,19
Приведені затрати на паливно-мастильні матеріали, кг/га	6,5	5,39
Вартість палива, грн/кг	89,9	89,90
Норма відрахувань на амортизацію трактора/ґрунтообробного агрегату, %	1,66/2,77	1,66/2,77
Норма відрахувань на технічне обслуговування трактора/ґрунтообробного агрегату, %	1,5/2	1,5/2

Бажане зниження сукупних витрат на експлуатацію виводиться з огляду на таку залежність:

$$E_{заг}=(П_б - П_м),\ \text{грн/га} \qquad (5.1)$$

де $П_б$, $П_м$ – приведені експлуатаційні затрати для базової і модернізованої машин, *грн/га*.

Приведені експлуатаційні затрати розраховуються за формулою:

$$П = e \cdot К + С, \text{ грн/га}, \quad (5.2)$$

де e – нормативний коефіцієнт ефективного використання капіталовкладень (e=0,15);

$К$– розмір капітальних вкладень, грн/га.

$$К = Б_Т / (W_Г T_Т) + Б_А / (W_Г T_А), \text{ грн/га}, \quad (5.3)$$

де $Б_Т$, $Б_А$ – балансова вартість трактора і ґрунтообробного агрегату, грн (для трактора Case Puma 155 – 1741658 грн, для базового ґрунтообробного агрегату Unia Cross-4 – 1241487 грн, для удосконаленого – 1227871 грн);

$T_Т$, $T_А$ – нормативне річне завантаження трактора і агрегату, год, (для агрегату Unia Cross-4 $T_А$ становить 250 год, $T_Т$=650 год);

$W_Г$ – годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату, га/год.

Годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату визначається:

$$W_Г = 0,1 B_р V_р \tau, \text{ га/год}, \quad (5.4)$$

де τ – коефіцієнт ефективного використання часу зміни (τ =0,8 для базового машинно-тракторного агрегату, τ=0,85 – для удосконаленого машинно-тракторного агрегату);

$B_р$ – робоча ширина захвату агрегату Unia Cross-4, м;

$V_р$ – робоча швидкість поступального руху МТА, км/год.

$$W_{Г\,баз} = 0,1 \cdot 4 \cdot 13,5 \cdot 0,8 = 4,59 \text{ га/год},$$

$$W_{Г\,удос} = 0,1 \cdot 4 \cdot 13,5 \cdot 0,85 = 4,7 \text{ га/год},$$

$$К_{баз} = \frac{1741658}{(4{,}59 \cdot 650)} + \frac{1214487}{(4{,}59 \cdot 250)} = 1642{,}01 \text{ грн/га}$$

$$К_{удоск} = \frac{1741658}{(4{,}7 \cdot 650)} + \frac{1227871}{(4{,}7 \cdot 250)} = 1615{,}71 \text{ грн/га}$$

У формулі (5.2) $С$ – прямі експлуатаційні затрати, грн/га. Вони визначаються як сума затрат на оплату праці $С_1$, затрати на паливо-мастильні матеріали $С_2$, амортизаційні затрати на машини й енергетичного засобу $С_3$, а також затрати на їх ремонт та технічне обслуговування $С_4$:

$$С = С_1 + С_2 + С_3 + С_4, \text{ грн/га} \quad (5.5)$$

Складові (5.5) визначаються за формулами:

$$С_1 = \frac{(n_i T_i)}{W_3}, \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

де n_i – кількість робітників відповідного класу, зайнятих на цій роботі, чол. (в нашому випадку – 1 тракторист-машиніст); T_i – погодинна ставка робітника цього класу, T_i = 156 грн/год.

$$С_{1баз} = \frac{(1 \cdot 156)}{4{,}59} = 33{,}99 \text{ грн/га},$$

$$С_{1удоск} = \frac{(1 \cdot 156)}{4{,}7} = 33{,}19 \text{ грн/га}$$

Затрати на паливно-мастильні матеріали визначаємо за формулою:

$$С_2 = Q \, Ц_П, \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

де Q – витрата палива, кг/га; $Ц_П$ – комплексна вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/кг (89,69 грн/кг).

Витрата палива знаходимо за формулою:

$$Q=(N_e q_e k)/W_Г \tag{5.8}$$

де N_e – потрібна потужність двигуна трактора, кВт;

$$N_e = \frac{[R_a + G(f \pm i)]V_p}{3{,}6\eta_{мк}\eta_б}, \text{ кВт} \tag{5.9}$$

де R_a – опір агрегату, кН;

G – вага трактора з агрегатом, кН;

f – опір кочення трактора

i – нахил поля, %;

V_p – робоча швидкість, км/год;

$\eta_{мк}$ - механічний ККД трансмісії трактора;

$\eta_б$ - коефіцієнт, що враховує втрати на буксування:

Потрібна потужність двигуна трактора для базового і удосконаленого агрегатів:

$$N_{e\ баз} = \frac{[17{,}5 + 65{,}5(0{,}1 + 0{,}01)]13{,}5}{3{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85} = 136{,}69 \text{ кВт}$$

$$N_{e\ удоск} = \frac{[15 + 62{,}5(0{,}1 + 0{,}01)]13{,}5}{3{,}6 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85} = 120{,}63 \text{ кВт}$$

q_e – питома витрата палива кг/кВт год;

k – коефіцієнт використання потужності трактора, (k=0,85)

$$Q_{баз} = \frac{(136{,}69 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}85)}{4{,}59} = 6{,}5 \text{ кг/га}$$

$$Q_{удоск} = \frac{(120{,}63 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}85)}{4{,}7} = 5{,}39 \text{ кг/га}$$

тоді затрати на паливно-мастильні матеріали становитимуть:

$$C_{2\ баз}=6{,}5 \cdot 89{,}9=584{,}35 \text{ грн/га},$$

$$C_{2\ удоск}=5{,}39 \cdot 89{,}9=484{,}56 \text{ грн/га}$$

Амортизаційні відрахування визначаємо за виразом:

$$C_з = \frac{Б_{тр} \cdot \alpha_{тр}}{100 W_{год} \cdot t_{тр}} + \frac{Б_м \cdot \alpha_м}{100 W_{год} \cdot t_м} \quad (5.9)$$

де $Б_{тр}$, $Б_м$ – відповідно балансова вартість трактора та агрегату, грн.;

$\alpha_{тр}$, $\alpha_м$ – норма амортизаційних відрахувань та трактор і агрегат – %;

$t_{тр}$, $t_м$ – фактичне завантаження трактора та агрегату;

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год;

$$C_{з\ баз} = \frac{1741658 \cdot 1{,}66}{100 \cdot 4{,}59 \cdot 650} + \frac{1214487 \cdot 2{,}77}{100 \cdot 4{,}59 \cdot 250} = 39{,}01 \text{ грн/га},$$

$$C_{з\ удос} = \frac{1741658 \cdot 1{,}66}{100 \cdot 4{,}7 \cdot 650} + \frac{1227871 \cdot 2{,}77}{100 \cdot 4{,}7 \cdot 250} = 38{,}40 \text{ грн/га}$$

Відрахування на ТО і поточний ремонт C_4;

$$C_4 = \frac{Б_{тр} \cdot \beta_{тр}}{100W_{год} \cdot t_{тр}} + \frac{Б_м \cdot \beta_м}{100W_{год} \cdot t_м} \quad (5.10)$$

де $\beta_{тр}$, $\beta_м$ – норма відрахувань на технічне обслуговування і поточний ремонт трактора та ґрунтообробного агрегату;

$$C_{4\,баз} = \frac{1741658 \cdot 1{,}5}{100 \cdot 4{,}59 \cdot 650} + \frac{1214487 \cdot 2}{100 \cdot 4{,}59 \cdot 250} = 29{,}91 \text{ грн/га}$$

$$C_{4\,удоск} = \frac{1741658 \cdot 1{,}5}{100 \cdot 4{,}7 \cdot 650} + \frac{1227871 \cdot 2}{100 \cdot 4{,}7 \cdot 250} = 29{,}45 \text{ грн/га}$$

Тоді:

$C_{баз}$=33,99+584,35+39,01+29,91=687,26 грн/га,

$C_{удос}$=33,19+484,56+38,40+29,45=585,6 грн/га

Приведені експлуатаційні затрати становлять:

$П_{баз}$=0,15·1642,01+687,26 =933,56 грн/га,

$П_{удос}$=0,15·1615,71+585,6 =827,96 грн/га

Зменшення приведених експлуатаційних затрат становитиме:

$E_{заг}$=933,56 –827,96 =105,60 грн/га

Річний економічний ефект визначається за формулою:

$$E_р = E_{заг} \cdot T_А \cdot W_Г, \text{ грн,} \quad (5.11)$$

$E_р$=105,60·250·4,7=124080грн

Результати розрахунків занесемо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.3

Розрахунок показників економічної ефективності використання ґрунтообробного агрегату з удосконаленими розпушувальними лапами

Показник	Значення показників для МТА	
	Case Puma 155+Unia Cross-4 (базов.)	Case Puma 155+Unia Cross-4 (удоск.)
1	2	3
Заробітна плата, грн/га	22,87	22,34
Вартість палива, грн/га	584,35	484,56
Амортизаційні відрахування на машинно-тракторний агрегат, грн/га	39,01	38,40
Відрахування на технічне обслуговування машинно-тракторного агрегату, грн/га	29,91	29,45
Сумарні прямі затрати на роботу машинно-тракторного агрегату, грн/га	676,14	574,75
Приведені експлуатаційні затрати, грн/га	922,44	817,11
Зменшення приведених експлуатаційних затрат, грн/га		105,60
Річний економічний ефект, грн		124080

Отже, за результатами розрахунків встановлено, що зменшення приведених експлуатаційних затрат становитиме 105,60 грн/га, що дозволить отримати річний економічний ефект при річному завантаженні удосконаленого ґрунтообробного агрегату 250 год. – 124080 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У рамках цієї дипломної роботи було проведено модернізацію ґрунтообробного комбінованого агрегату моделі Unia Cross-4, що полягала у встановленні робочих органів з покращеними характеристиками замість стандартних.

У процесі дослідження було проведено порівняльний аналіз наявних вітчизняних та імпортних зразків комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту, виокремлюючи їхні ключові переваги та вади.

1.Аналіз отриманих даних свідчить про те, що машини та агрегати такого типу, які активно використовуються сьогодні в Україні, якісно виконують заплановані технологічні операції, демонструючи високу продуктивність та довговічність. Однак спільним мінусом для них залишається надмірний опір при русі.

2. З огляду на виявлену спільну ваду, у проектній документації ми детально виклали конструктивні аспекти модернізованого комбінованого ґрунтообробного агрегату, виконали обчислення ключових характеристик робочих органів та провели розрахунки коефіцієнтів тягового опору цього агрегату.

Запропоновані оптимальні характеристики для модернізованих лап такі:

Рекомендованими параметрами удосконалених лап є:

– для лап 1 ряду: загальна ширина лапи b=370мм, ширина крила лапи біля її носка b_1=55мм, ширина на кінці крила лапи b_2=45мм, кут входження лапи в ґрунт β=28˚, кут нахилу леза лапи γ=15˚, кут розхилу крил лапи 2γ=60˚, кут заточування i=12˚, товщина лапи δ=8мм, висота лапи H=150мм;

– для лап 2 ряду: загальна ширина лапи b=400мм, ширина крила лапи біля її носка b_1=60мм, ширина на кінці крила лапи b_2=55мм, кут входження лапи в ґрунт β=30˚, кут нахилу леза лапи γ=15˚, кут розхилу крил лапи 2γ=60˚, кут заточування i=12˚, товщина лапи δ=8мм, висота лапи H=150мм;

– для лап 3 ряду: загальна ширина лапи b=420мм, ширина крила лапи біля її носка b_1=65мм, ширина на кінці крила лапи b_2=55мм, кут входження лапи

в ґрунт β=35˚, кут нахилу леза лапи γ=18˚, кут розхилу крил лапи 2γ=60˚, кут заточування i=12˚, товщина лапи δ=8мм, висота лапи H=150мм;

Сумарний тяговий опір машини для обробки ґрунту з вдосконаленими робочими органами сягає 15 кН, що демонструє зниження на 15% порівняно з опором стандартної серійної моделі.

Оцінка техніко-економічних характеристик модернізованого агроагрегату свідчить про економію приведених експлуатаційних витрат у розмірі 105,60 грн за гектар. Якщо річне навантаження на модифікований ґрунтообробний агрегат становитиме 250 годин, це забезпечить річний фінансовий прибуток у сумі 124080 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Володимир Іванович Вернадський і Україна [Текст] / Нац. акад. наук України, Коміс. з наук. спадщини акад. В.І. Вернадського, Нац. б-ка України ім. В.І. Вернадського, Ін-т історії України. - (Вибрані наукові праці академіка В.І. Вернадського ; Т. 1 ; кн. 2) Т. 1 ; кн. 2: Вибрані праці. – К. – 2011. – 583 с.
2. Ветохін В.І. Системні та фізико-хімічні основи проектування розпушувачів ґрунту: Автореф. дис. на здобуття ступеня канд. тех. наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» В.І. Ветохін. Глеваха, - 2010. С. 12-15.
3. Дискові чизелі Sunflower 4511 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний:http://www.amacoint.com/agriculture/new/tillage/minimum-tillage/sunflower-4511/
4. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 16 с.
5. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін., //За ред. В.Ю. Зінченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
6. Засуха В. Забезпечення агрофірм сучасною ґрунтообробною технікою та ефективність її використання. Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу [Електронний ресурс]: стаття /В. Засуха Режим доступу до статті: http://www.galmash.com/technol.php?ln=ukr.

Історичні нариси з розвитку техніки в Україні: колективна монографія /За заг. ред. Гріффена Л.О; кол. авт.: Гріффен Л.О., Деркач О.П., Дзержинський В.О. [та ін.]. К.: Талком, 2023. 440 с

					01.01 – ДП. 510 «С» 2025.10.22. 033 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кравець С.О.			СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк. 87 / Акрушів 90
Перевір.		Гуменюк					
Реценз.						АІ-2203	
Н. Контр.							
Затверд.							

7. Кравченко М.С. та ін. Землеробство К.: Либідь. – 2002. – 494с

8. Культиватори Optima Evo/[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.moreauagri.cz/produkty/optima-evo

9. Культиватор Tiger-AS /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.horsch.com/ua/produkti/gvruntoobrobna-tekhnika/kultivatori/tiger-as

10. Культиватори Horsch-«Агро-Союз» FG 12.30 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://agrosoyuz.ua/uk/121-silgosptekhnika

11. Культиватор Väderstad Carrier-300-400 /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://www.vaderstad.com/ua/obrobitok-gruntu/dyskovi-kultyvatoru/carrier-300-400/

12. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi

13. Пивовар В. Вітчизняна техніка для основного обробітку ґрунту [Електронний ресурс]: стаття /В. Пивовар //Режим доступу до статті: http://www.propozitsiya.com/?page=149&itemid=3322&number=110

14. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник /За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. //Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.

15. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.М. Барановський та ін. За ред. Д.Г. Войтюка. 2-е вид. перероб. та доп. – К. НУБіП України, 2018. – 736 с.

16. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, М.С. Волянський, В.М. Мартишко, Ю.О. Гуменюк – К.: «Агроосвіта», 2017. – 180 с.

17. Сільськогосподарські машини : підручник /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич [та ін.]; За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Агроосвіта, 2015. - 678 с.

18. Скоцик В.Є. Оранка, мінімальний обробіто к чи ноутіл? (точка зору науковців НАУ та спеціалістів АМАКО) /В.Є. Скоцик, С.П. Танчик, С.М. Бовсуновський //АМАКО ІНФОРМ Інформаційно науково-технічне видання. 2008. – Вип. 1/2008. – С. 12-15.

19. Стерневі культиватори Kuhn Mixter /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://www.amacoint.com/agriculture/new/tillage/minimum-tillage/kuhn-mixter/

20. Передпосівний культиватор Wil-Rich QX2. Väderstad. URL: https://www.vaderstad.com/ua/obrobitok-gruntu/obrobitok-gruntu/wil-rich-qx2.

21. Агрегати для культурного ґрунтообробітку. Пропозиція : Головний журнал з питань агробізнесу. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1273-ahrehaty-dlia-kulturnoho-gruntoobrobitku.html.

22. Передпосівний агрегат Forward. Агроділер. URL: https://agrodiler.com/ua/kultivatory-predposevnoy-obrabotki-/predposevnoy-agregat-forward/.

23. Комбіновані ґрунтообробні агрегати. Agroexpert. URL: https://agroexpert.ua/kombinovani-gruntoobrobni-agregati-0/.

24. Польові культиватори Florin. Lozova Machinery. URL: https://lozovamachinery.com/ua/catalog/polyovi-kultivatori-florin.

25. Огляд причіпного культиватора Pöttinger Terria: комплектація, опції та як ефективно використовувати для внесення добрив. Latifundist.com. URL: https://latifundist.com/blog/read/3007-obzor-prichipnogo-kultivatora-poettinger-terria-komplektatsiya-optsiyi-ta-yak-efektivno-vikoristovuvati-dlya-vnesennya-dobriv.

26. Передпосівна підготовка без компромісів: BEDNAR Swifter в дії. Агробізнес Сьогодні. URL: https://agro-business.com.ua/2017-09-29-05-56-43/item/31797-peredposivna-pidhotovka-bez-kompromisiv-bednar-swifter-v-dii.html.

27. Культиватори Tiger MT. Horsch. URL: https://www.horsch.com/ua/produkti/gvruntoobrobna-tekhnika/kultivatori/tiger-mt.

28. Агрегати передпосівного обробітку ґрунту серії компактор. Veles Agro. URL: https://www.velesagro.com/products/seedbed-units/216/.

29. Універсальний дисковий агрегат Lemken Rubin /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://lemken.com.ua/production/obrobka/rubin/

30. Універсальний агрегат для передпосівної підготовки ґрунту по оранці Lemken System-Kompaktor /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://lemken.com.ua/production/posev/kompaktor/

31. Хмельовський В.С., Марчишина Є.І., Білько Т.О., Мотрич М.М., Скібчик В.І. Охорона праці. К. Центр учбової літератури. 2021. 594 с.

32. Шикула М.К., Антонець С.С. та ін. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні — К.: Оранта, 2000. - 390 с.

33. Широкозахватний універсальний культиватор Polaris 4 Premium /[Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: https://elvorti.com/catalog/kultivator/polaris-4-premium.html?lang=ua

ДОДАТКИ

					01.01 – ДП. 510 «С» 2025.10.22. 033 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кравець С.О.			ДОДАТКИ	Літ.	Арк. / Акрушів
Перевір.		Гуменюк					
Реценз.						AI-2203	
Н. Контр.							
Затверд.							