

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування озимої пшениці з
удосконаленням комбінованого культиватора

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи AI-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Вакулов Даниїл Геннадійович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

_____ Василь САЛО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

професор, докт. техн. наук

_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

Кропивницький, 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти I-й, бакалавр
Галузь знань Аграрні науки та продовольство
Спеціальність Агроінженерія
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ
(БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

Вакулова Даниїла Геннадійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування озимої пшениці
з удосконаленням комбінованого культиватора
2. Керівник роботи (проекту) Сало Василь Михайлович
докт. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2026р
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення технології вирощування озимої пшениці
5. Графічна частина 1. Технологічна карта – А1; Операційна технологічна
карта- А-1; 3 – Культиватор причіпний комбінований КПМ-6- А1; 4 – Борона
центральна – А-1; 5 – Деталювання – А2.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-5	Сало В.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розробка заходів з удосконалення технології вирощування озимої пшениці	01.03.25 – 15.03.25	
	Виконання технологічної частини роботи	16.03.25 – 05.04.25	
	Виконання інженерної частини роботи	06.04.25 – 25.04.25	
	Розробка та оформлення графічного матеріалу роботи	26.04.25 – 15.05.25	
	Оформлення пояснювальної записки	16.05.25 – 01.06.25	

Дата видачі завдання

« 03 » 03 2026 р.

Підпис керівника

_____ Сало В.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 03 » 03 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Вакулов Д.Г..
(прізвище та ініціали)

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Позиція</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітки</i>
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
A4			KПМ 00.000. ПЗ	Розрахунково-пояснювальна		
				записка		
A1			MВП 00. 000. 01 ТЧ	Технологічна карта	1	
A1			MВП 00. 000. 02 ТЧ	Операційна технологічна	1	
				карта		
				<u>Документація по складальних</u>		
				<u>одинацях</u>		
				Заново розроблена		
A1			KПМ 00 000	Культиватор причіпний	1	
				комбінований KПМ-6		
A1			KПМ 00.020	Борона центральна	1	
				<u>Документація по деталях</u>		
				Заново розроблена		
A4			KПМ 025. 701	Кронштейн	1	
A3			KПМ 020.641	Зуб борони пружинний	1	
A4			KПМ 025.630	Гайка	1	

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		Вакулов Д.Г.			Відомість роботи
Перевірив		Сало В.М.			
Н. контр.		Артеменко Д.Ю			
Затвердив		Васильковський			

Літера	Аркуш	Аркулів
	4	1

ЦНТУ
зр. АІ-22-1

КПМ 00.000 ВР

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
1	Вступ	6
2	Аналіз типових технологій вирощування озимої пшениці з визначенням шляхів її удосконалення	8
2.1.	Біологічні особливості та господарське значення озимої пшениці	8
2.2.	Зміст та особливості науково-обґрунтованих технологій вирощування озимої пшениці	11
3	Операційна технологія виконання основного безвідвального обробітку ґрунту під вирощування озимої пшениці	14
3.1	Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту	14
3.2	. Обґрунтування складу та розрахунок режимів роботи агрегату для основного безвідвального обробітку ґрунту	15
3.3.	Підготовка поля до роботи	22
3.4.	Розробка операційної технологічної карти на процес основного безвідвального обробітку ґрунту	25
4.	Інженерна частина	28
4.1.	Стан питання про машину, що модернізується	28
4.2.	Обґрунтування взаємного розташування основних робочих органів універсального культиватора	31
4.3.	Обґрунтування параметрів пружинної борони.	35
4.4.	Розрахунки на міцність	37
5	Охорона праці	39
5.1.	Особливості умов праці при вирощуванні озимої пшениці.	39
5.2.	Заходи по забезпеченню безпечних умов праці.	40
	Висновки	41
	Література	43
	Додатки	45

Вступ

Підвищення результативності аграрного виробництва є основною метою землекористувачів. Над його розв'язанням науковці працюють постійно, удосконалюючи системи землеробства, впроваджуючи нові агротехнічні заходи, створюючи сучасну сільськогосподарську техніку та програмні рішення.

На сьогодні одним із найперспективніших шляхів розвитку галузі рослинництва в Україні та світі є впровадження енергоощадних, ґрунтозахисних і екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур [1,6].

Вітчизняне аграрне машинобудування за технічним рівнем істотно поступається провідним світовим досягненням науково-технічного прогресу. Водночас процеси глобалізації та інтеграція України до Світової організації торгівлі зумовлюють необхідність технічного й технологічного оновлення аграрного сектору, переведення його на якісно новий рівень функціонування. Сучасні технології обробітку ґрунту та вирощування культур характеризуються значною енергоємністю. Разом із тим дедалі більшої актуальності набувають питання підвищення родючості ґрунтів і збереження вологи в них.

Серед основних завдань обробітку ґрунту важливе місце посідає розуцільнення орного шару, покращення водопроникності, збільшення загальної та некапілярної пористості, формування сприятливих умов для розвитку мікробіологічних процесів у родючому горизонті, стимулювання фізіологічної активності рослин і підвищення ефективності використання мінеральних добрив.

					КПМ 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вакулов Д.Г			ВСТУП		Літера	Аркуш
Перев.		Сало В.М.						6
Н.контр.		Артеменко Д					ЦНТУ, гр. АІ -22-12	
Затвер.		Васильковський						

Специфіка функціонування сучасних машин для безвідвального глибокого обробітку полягає в тому, що після збирання врожаю вони мають справу з великою масою рослинних решток, які залишаються на поверхні поля після збирання культури попередника. За відсутності органічних добрив вони мають виконувати роль джерела органічної речовини, необхідної для процесів гумусоутворення, і повинні бути загорнуті в ґрунт. Водночас поверхневий шар має залишатися розпушеним і дрібногрудкуватим. Досягти цього за допомогою традиційних додаткових робочих органів складно, оскільки котки можуть спричиняти переущільнення, а борони — забиватися рослинними рештками.

З урахуванням вище викладеного є очевидною потреба створення високопродуктивних, енергоощадних комбінованих ґрунтообробних машин, здатних забезпечувати високу якість виконання технологічного процесу без посилення негативного впливу на довкілля та адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов експлуатації.

Отже, удосконалення технології вирощування озимої пшениці та модернізація комбінованого культиватора, що передбачена завданням даної кваліфікаційної роботи, є актуальним напрямом, спрямованим на розширення функціональних можливостей машини та підвищення якості обробітку ґрунту з метою отримання високих урожаїв сільськогосподарських культур.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. Аналіз типових технологій вирощування озимої пшениці з визначенням шляхів їх удосконалення

2.1. Біологічні особливості та господарське значення озимої пшениці

Озима пшениця – це одна з основних продовольчих сільськогосподарських культур у світу і є головною зерновою культурою в нашій країні. Її стратегічне значення визначається високим рівнем споживання зерна в харчуванні населення, значною часткою у структурі посівних площ і вагомим експортним потенціалом [1]. У структурі зернового виробництва України озима пшениця традиційно займає провідне місце, формуючи основу продовольчого фонду держави.

Ботанічна характеристика

Озима пшениця належить до родини Poaceae (Gramineae), роду Triticum L., який характеризується значним видовим і формовим різноманіттям. У виробництві зазвичай використовують м'яку пшеницю. частка якої перевищує 90 % загальних площ посіву культури [2].

Пшениця має мичкувату Кореневу систему, яка може проникати у ґрунт на глибину понад 1–1,5 м залежно від ґрунтових умов і агрофону. Основна маса коренів зосереджена в орному шарі ґрунту, що обумовлює Чутливість культури до родючості та вологості верхніх горизонтів [3] обумовлена тим, що більшість маси її коріння розвивається у орному шарі ґрунту.

Стебло — порожниста соломину, висота якої сягає 60 - 120 см і залежить від сорту та умов виробництва. Рослини характеризуються підвищеною здатністю до кущення. За оптимальних умов формується 2–4 продуктивні пагони, що безпосередньо визначає густоту продуктивного стеблостою [4].

Листки лінійні, з добре розвиненою листковою пластинкою, яка забезпечує формування значної асиміляційної поверхні. Важливе значення у формуванні

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

врожаю має прапорцевий листок, що бере активну участь у фотосинтетичному забезпеченні наливу зерна [5].

Суцвіття — складний колос, який складається з колосків, розміщених на стрижні. У кожному колоску формується зазвичай 2–3 продуктивні квітки. Кількість і виповненість зерен у колосі є важливими структурними елементами врожаю.

Біологічні особливості розвитку

Озима пшениця належить до культур довгого дня та проходить стадію яровизації, що зумовлює необхідність осіннього періоду розвитку та зимового загартування [6]. Оптимальний розвиток рослин восени передбачає формування 2–4 пагонів кущення та добре розвиненого вузла кущення, який розташовується на глибині 2–3 см.

Зимостійкість озимої пшениці визначається генетичними особливостями сорту, умовами осіннього розвитку, рівнем забезпечення елементами живлення та загартуванням рослин. Рослини пшениці можуть витримувати мінусові температури до $-18...-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ за умов наявності суттєвого снігового покриву [3].

Культура характеризується відносно високою посухостійкістю порівняно з іншими зерновими завдяки добре розвиненій кореневій системі. Водночас критичними періодами щодо забезпечення вологою є фази виходу в трубку, колосіння та наливу зерна [7].

Вегетаційний період озимої пшениці триває 280–320 діб і поділяється на осінній та весняно-літній періоди розвитку. Найбільш відповідальними етапами органогенезу є кущення, вихід у трубку, колосіння та формування зерна, оскільки саме в ці фази закладаються основні елементи структури врожаю [6].

Вимоги до умов вирощування

Озима пшениця віддає перевагу родючим структурним ґрунтам, які характеризуються нейтральною або низькою кислотністю ґрунтового розчину 5). Найвищу продуктивність забезпечують чорноземи різних типів, придатними для вирощування також є різні типи лісових ґрунтів [4].

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Культура є вимогливою до забезпечення елементами живлення, особливо азотом. Недостатнє живлення призводить до зниження кущистості, формування дрібного колоса та зменшення вмісту білка в зерні [8].

Для початку проростання насіння пшениці необхідно, щоб температура була не менше 12–15 °С, а для сталого росту в період весняної вегетації — 16–22 °С. Перевищення температури понад 30 °С у період наливу зерна може негативно впливати на масу 1000 зерен та якість продукції [3].

Господарське значення

Господарське значення озимої пшениці визначається її універсальністю використання. Зерно є основною сировиною для виробництва хлібобулочних, макаронних і кондитерських виробів. Високоякісне зерно містить 11–16 % білка та 20–30 % сирої клейковини, що визначає його хлібопекарські властивості [1].

Крім продовольчого використання, зерно застосовують у кормовиробництві, а соломі — як підстилковий матеріал або органічне добриво. Побічна продукція переробки (висівки) використовується у комбікормовій промисловості.

Завдяки високій адаптивності до різних природно-кліматичних зон України озима пшениця є однією з найбільш економічно вигідних культур у структурі польових сівозмін. Високий потенціал урожайності (6–10 т/га і більше за інтенсивної технології) забезпечує її провідну роль у формуванні прибутковості господарств [7].

Таким чином, біологічні особливості озимої пшениці — здатність до осіннього кущення, проходження стадії яровизації, формування потужної кореневої системи та високий адаптивний потенціал — у поєднанні з вагомим продовольчим і економічним значенням зумовлюють її ключову роль у сучасному землеробстві України.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2.2. Зміст та особливості науково-обґрунтованих технологій вирощування озимої пшениці.

Одним із визначальних факторів стабільно високих урожаїв є правильне розміщення культури в сівозміні. Дослідження свідчать, що повторне вирощування культури на одному полі знижує продуктивність на 15–35 % унаслідок накопичення інфекційного фону, шкідників і бур'янів [4].

Кращими попередниками є чорний пар, зайнятий пар, зернобобові культури, багаторічні трави, ріпак озимий. Вони сприяють накопиченню продуктивної вологи, покращенню агрофізичних властивостей ґрунту та зменшенню фітосанітарного навантаження [5].

Важливою умовою є наявність не менше 10–15 мм продуктивної вологи у 0–10-сантиметровому шарі ґрунту на момент сівби, що забезпечує одночасні сходи та нормальний ріст рослин восени [6].

Система обробітку ґрунту під озиму пшеницю повинна бути диференційованою залежно від зони вирощування, попередника, ступеня забур'яненості та вологості ґрунту [7].

Традиційна система включає:

- лущення стерні;
- основний обробіток (оранка 20–30 см або безвідвальний обробіток);
- передпосівну культивуацію.

У сучасних умовах значного поширення набувають мінімальні та ресурсозберігаючі технології, що передбачають скорочення кількості проходів техніки, зменшення глибини обробітку та збереження рослинних решток на поверхні ґрунту [8].

Якість передпосівного обробітку безпосередньо впливає на польову схожість, рівномірність розміщення насіння та синхронність появи сходів. Нерівномірне посівне ложе призводить до різночасного розвитку рослин і зниження врожайності [6].

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Озима пшениця є дуже вимогливою культур щодо родючості ґрунту. Щоб виростити 1 т зерна з аналогічною масою соломи рослини виносять з ґрунту 30–азоту до 40 кг, фосфору до 10–14 кг і калію 18–25 кг [3].

Система удобрення включає:

Основне удобрення — передбачає одночасне з основним обробітком ґрунту внесення мінеральних, а за можливості і органічних добрив.

Припосівне внесення — локальне внесення фосфорних добрив у рядки.

Підживлення — переважно азотні добрива у критичні фази розвитку.

Ранньовесняне підживлення стимулює відновлення вегетації та формування продуктивної кущистості. Друге підживлення у фазі виходу в трубку сприяє закладці колоса, а третє — у період формування зерна — покращує його якість, зокрема вміст білка та клейковини [5; 9].

Збалансоване мінеральне живлення підвищує не лише врожайність, а й здатність рослин бути стійкими до хвороб та мати можливість витримувати несприятливі умови довкілля [10].

Використання високоякісного насіння є передумовою формування оптимального агроценозу. Насіння повинно відповідати вимогам стандарту за чистотою, схожістю та енергією проростання [4].

Протруювання насіння є обов'язковим елементом технології, оскільки запобігає розвитку корневих гнилей, сажкових хвороб і пліснявіння насіння. Сучасні системні фунгіциди забезпечують тривалий захисний ефект у початковий період росту рослин [11].

Оптимальні строки сівби визначаються з урахуванням регіональних особливостей. Рослини повинні сформувати 2–4 пагони кущення та добре розвинений вузол кущення до настання зимового періоду [6].

Норми висіву варіюють залежно від зони вирощування та агрофону і становлять у середньому 4,0–5,5 млн рослин на 1 га [3].

Максимальна врожайність досягається за формування 450–600 продуктивних стебел на 1 м² [1].

Система догляду включає:

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- боротьбу з бур'янами (агротехнічні та хімічні заходи);
- контроль чисельності шкідників;
- профілактику та лікування хвороб;
- регулювання росту рослин для запобігання виляганням.

Застосування гербіцидів найбільш ефективно у фазі весняного куцання. Інсектицидні та фунгіцидні обробки проводять за перевищення економічного порогу шкодочинності [7; 12].

Збирання озимої пшениці здійснюють при повній стиглості, коли вологість зерна знаходиться у межах 16–18 %. Пряме комбайнування є основним способом збирання. За наявності полеглих або сильно забур'янених посівів застосовують роздільний спосіб [8].

Своєчасне збирання дозволяє мінімізувати втрати врожаю та зберегти високу якість зерна.

Висновок

На підставі представленого аналізу поширених технологій вирощування озимої пшениці та з урахуванням досвіду працівників аграрного сектору Кіровоградщини, останнім часом, при підготовці ґрунтів під виробництво зернових перевага надається безвідвальним способам обробітку, які потребують наявності високопродуктивних та надійних машин, адаптованих до умов виробництва. До даної групи належать і важкі комбіновані культиватори, здатні суттєво підвищити продуктивність праці та підвищити загальну ефективність виробництва. У зв'язку з цим, вважаємо за доцільне замінити традиційний плужний обробіток ґрунту на плоскорізний з залученням до його забезпечення комбінованого важкого культиватора, удосконалення конструкції якого запропоноване у даній роботі у конструкторській частині.

Узагальнена технологічна карта на вирощування озимої пшениці з урахуванням змін внесених у результаті її удосконалення наведена у додатках до роботи.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

3. Операційна технологія виконання основного безвідвального обробітку ґрунту під вирощування озимої пшениці

3.1. Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту.

Агротехнічні вимоги регламентують умови застосування різних видів ґрунтообробних машин. До безполицевих знарядь, зокрема важких культиваторів, ставляться такі основні вимоги [13]:

1. Дотримання заданої глибини обробітку ґрунту.

Середня фактична глибина виконаного обробітку повинна відповідати встановленому значенню, при цьому допустиме відхилення не має перевищувати $\pm 1,5-2,0$ см.

2. Ступінь кришення та розпушення ґрунту.

У межах обробленого шару частка ґрунтових агрегатів розміром до 50 мм повинна становити щонайменше 75–80 %. Якщо обробіток здійснюється на глибину понад 14 см, наявність грудок розміром більше 75 мм не допускається.

3. Рівність поверхні після обробітку.

Висота нерівностей і гребенів, що утворюються під час проходження агрегату, не повинна перевищувати 6–8 см.

4. Збереження післяжнивних рослинних залишків.

Після завершення технологічної операції на поверхні поля має залишатися не менше 55–60 % стерньових та інших рослинних решток.

5. Вміст дрібнодисперсних ерозійно небезпечних частинок.

У результаті обробітку не допускається збільшення кількості ґрунтових часток розміром менше 0,25 мм, які сприяють розвитку ерозійних процесів.

6. Ефективність знищення бур'янової рослинності.

Підрізання бур'янів повинно забезпечувати їх повне знищення без залишення непошкоджених або непідрізаних рослин.

7. Суцільність обробітку та відсутність огріхів

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Не допускаються пропуски або нерівномірність у виконанні технологічної операції.

Варто акцентувати увагу на тому, що вимога, яка стосується збереження стерні (пункт 4) була сформульована і залишається актуальною для грунтообробних машин, які використовують для протидії вітровій ерозії. Водночас у степовій зоні України більш доцільним є забезпечення мульчування верхнього шару ґрунту пожнивними рештками. Ефективність мульчування підвищується зі зменшенням ширини захвату плоскорізних робочих органів. З огляду на це як базові робочі елементи доцільно застосовувати традиційні стрілчасті лапи, які мають конструктивну ширину захвату до 40 см.

3.2. Обґрунтування складу та розрахунок режимів роботи агрегату для основного безвідвального обробітку ґрунту

Ефективність виконання технологічних операцій і величина енергетичних витрат під час обробітку ґрунту значною мірою визначаються правильністю комплектування машинно-тракторного агрегату. Якість та продуктивність його роботи залежать від відповідності технічних характеристик трактора і ґрунтообробної машини вимогам конкретного технологічного процесу, а також від оптимального поєднання тягових можливостей енергетичного засобу з величиною опору робочого знаряддя.

Перед підбором марки та моделі трактора і відповідної сільськогосподарської машини необхідно проаналізувати ряд факторів, які впливають на ефективність використання агрегату. Насамперед враховують наявність у господарстві технічних засобів та машин, що можуть бути залучені до виконання запланованих польових робіт. Важливе значення мають також природно-виробничі умови експлуатації, зокрема гранулометричний склад ґрунту, культура-попередник, конфігурація та

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

розміри поля, довжина робочих проходів, а також рельєф місцевості та величина ухилу поверхні.

Згідно із запровадженою в господарстві польовою семипільною сівозміною, посіви озимої пшениці розміщують на полях площею в середньому 60–70 га. Довжина гонів на цих ділянках досягає 1200 м. Основна частина орних земель представлена важкосуглинистими ґрунтами, попередньою культурою є соняшник, а максимальний ухил поверхні на окремих полях не перевищує 4 %.

З огляду на невисокий рівень урожайності озимої пшениці та результати аналізу причин, серед яких — порушення технологічних вимог і застосування традиційних способів обробітку, що негативно впливають на стан ґрунту, запропоновано впровадити безполицевий обробіток. Для підготовки ґрунту доцільно використати експериментальний важкий комбінований культиватор КПМ-6.

Робочими органами даного культиватора є стрілчасті культиваторні лапи встановлені на жорстких стійках висотою 700мм, а також борони з пружинними зубами висотою 410 мм., які мають можливість відхилятися відносно напрямку руху під нульовим кутом атаки. Їх задача полягає в подрібненні грудок, частковому вирівнюванні поверхні поля після проходження основних робочих органів та мульчуванні поверхні поля. Технологічна ширина захвату даного культиватора становить 6м.

Згідно з технічними можливостями представленого культиватора кращих показників роботи за показником інтенсивності розпушування ґрунту він може забезпечити при робочих швидкостях 7-12 км/г. Орієнтуємося на середнє значення 10 км/год.

З метою виявлення доцільності використання в якості енергетичного засобу трактора Т-150К чи John Deere 180, які є в господарстві, а також установа на якій передачі буде більш ефективним його використання проведемо необхідні розрахунки.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Трактор Т-150К здатний працювати зі швидкістю до 10 км/год і більше на II та III передачах. У технічній документації швидкісні показники наведені разом із відповідними значеннями тягових зусиль, однак зазначені передачі забезпечують можливість руху агрегату зі швидкістю понад 10 км/год, що відповідає вимогам виконання даної технологічної операції [15, 16].

Для вибраних передач визначаємо величину тягового зусилля на гаку трактора P_r , кН, з урахуванням умов експлуатації та технічних характеристик машини [14]:

$$P_r = (10^4 \cdot N_e \cdot i_T \cdot \eta_{tr} / n \cdot r) - G_{tr} \cdot (f + i) \quad (3.1)$$

де N_e — ефективна потужність двигуна, яка становить 121,4 кВт;

i_T — передаточне число трансмісії: для II передачі ($i_T=52,5$), для III передачі ($i_T=42,7$);

η_{tr} — механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії, ($\eta_{tr}=0,92$);

$n_{дв}$ — номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, ($n_{дв}=2100$) $хв^{-1}$;

r_0 — дотичний радіус ведучого колеса, який дорівнює 0,64 м;

G_{tr} — експлуатаційна маса трактора, $H - G_{tr} = 76000$ Н;

f — коефіцієнт опору коченню, ($f=0,19$);

i — найбільша величина ухилу поверхні поля, прийнята для розрахунків, ($i=0,03$).

Для другої передачі

$$P_r^{II} = (10^4 \cdot 121,4 \cdot 52,5 \cdot 0,92 / 21000,64) - 76000 \cdot (0,19 + 0,03) = 27 \text{ кН}$$

Для третьої передачі

$$P_r^{III} = (10^4 \cdot 121,4 \cdot 42,7 \cdot 0,92 / 21000,64) - 76000 \cdot (0,19 + 0,03) = 19 \text{ кН}$$

Згідно [15,16,17] для трактора John Deere 180 при роботі на швидкості 10 км/год

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$P_{\text{гак John Deere}} = 40...42\text{кН}$. З урахуванням пробуксовування коліс рекомендовано знижувати значення сили тяги, отже припускаємо, що фактичне значення

$$P_{\text{гак John Deere}} = 40\text{кН}$$

Визначимо теоретичну швидкість на взятих передачах для трактора Т-150К

$$V_T = 0.377(n_{\text{дв}} \cdot r_0 / i_T) \quad (3.2)$$

На другій передачі теоретична швидкість становить

$$V_T = 0.377(2100 \cdot 0,64 / 42,7) = 9,64\text{км/год}$$

На третій передачі

$$V_T = 0.377(2100 \cdot 0,64 / 52,5) = 11,85 \text{ км/год}$$

При роботі агрегату ведучі колеса трактора пробуксовують, тому робоча швидкість буде відрізнятися від теоретичної і становитиме;

$$V_p = V_T \cdot (1 - \delta / 100) \quad (3.3)$$

де δ - це коефіцієнт, який враховує ступінь пробуксовування в межах ($\delta = 6...20\%$) залежно від стану поверхні поля. (при роботі по стернізернових для колісних тракторів рекомендовано приймати $\delta = 10\%$).

Тоді, для трактора Т -150К, робоча швидкість на другій передачі становитиме

$$V_p = 9,64 \cdot (1 - 10 / 100) = 8,685 \text{ км/год},$$

а для третьої передачі

$$V_p = 11,85 \cdot (1 - 10 / 100) = 10,665 \text{ км/год},$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Згідно експериментальних даних при роботі культиватора в повній комплектації робочими органами на глибині 20 см його питомий тяговий опір на 1м ширини захвату становить $K_0 = 4,4$ кН при роботі на швидкості $V = 5$ км/год.

При роботі на розрахованих вище робочих швидкостях питомий опір збільшується відповідно до залежності [14]:

$$K_0^V = K_0 \cdot [1 + 0.006 (V_p^2 - V^2)] \quad (3.4)$$

Тоді для другої передачі

$$K_0^{VI} = 4.4 \cdot [1 + 0.006 (8.685^2 - 5^2)] = 5.73 \text{ кН},$$

а для третьої

$$K_0^{VII} = 4.4 \cdot [1 + 0.006 (10.665^2 - 5^2)] = 6.742 \text{ кН},$$

Для трактора John Deere

$$K_{o, John Deere}^V = 4.5 \cdot [1 + 0.006 (10^2 - 5^2)] = 6.52 \text{ кН}$$

Визначимо робочий опір комбінованого культиватора з урахуванням його робочої ширини захвату за формулою

$$R_{BK} = K_0^V \cdot B \quad (3.5)$$

де B – конструктивна ширина захвату агрегату, яка становить 6м

Для трактора Т-150К

$$R_{BK}^{II} = 5.73 \cdot 6 = 34.38 \text{ кН}$$

$$R_{BK}^{III} = 6.742 \cdot 6 = 40.45 \text{ кН}$$

Відповідно, для трактора John Deere

$$R_{John Deere} = K_{John Deere}^V \cdot B = 6.52 \cdot 6 = 39.1 \text{ кН}$$

Отже для усіх прорахованих варіантів, з урахуванням тягових зусиль та при дотриманні робочих швидкостей рекомендованих інструкціями по експлуатації комбінованого культиватора марки КПМ-6 прийнятним для використання є

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

грунтообробний агрегат у складі трактора John Deere 180 при експлуатації його на робочій швидкості 10км/год.

Для розглянутих умов роботи, коефіцієнт використання тягового зусилля трактора John Deere 180 становитиме

$$\eta = R_{BK} / P_{гак} \quad (3.6)$$

$$\eta = 39,1 / 40 = 0,97$$

Важливим показником є змінна продуктивність агрегату, яка визначається за формулою в га/зм

$$W_{змінна} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \quad (3.7)$$

де B_p – ширина захвату культиватора при виконанні технологічного процесу, м;

V_p – швидкість ґрунтообробного агрегату при роботі, 10км/год;

T_p – час зміни, який використовується для виконання технологічного процесу;

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau \quad (3.8)$$

де $T_{зм}$ - загальний час зміни, рекомендовано приймати рівним 7 годинам;

τ – коефіцієнт, який характеризує ефективність використання робочого часу зміни (для культиваторів суцільного обробітку рекомендовано $\tau = 0,85$);

$$T_p = 7 \cdot 0,85 = 5,95$$

Тоді

$$W_{змінна} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 5,95 = 35,7 \text{ га/зміну}$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо витрати палива трактором в кг/год згідно [18,19,20,21]

Вихідні дані:

Тяговий опір: $F=39 \text{ кН}=39\,000 \text{ Н}$.

Робоча швидкість: $v=10 \text{ км/год}=2,78 \text{ м/с}$.

Питома витрата пального: $q_e=0,22 \text{ кг/кВт/год}$.

ККД трансмісії: $\eta=0,80$.

Густина дизельного палива: $\rho=0,84 \text{ кг/л}$.

Тягова потужність на гаку становить

$$N_{\text{тяг}} = F \cdot v$$

$$N_{\text{тяг}} = 39000 \cdot 2,78 = 108420 \text{ Вт} = 108,4 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність двигуна

$$N_{\text{дв}} = N_{\text{тяг}} / \eta = 108,4 / 0,8 = 135,5 \text{ кВт}$$

Витрати пального за годину

$$Q_{\text{пал}} = N_{\text{дв}} \cdot q_e = 135,5 \cdot 0,22 = 29,8 \text{ кг/год}$$

Витрати палива на холостому ході та зупинках в середньому становлять 6...8% від $Q_{\text{пал}}$, - 2,8 кг/год [18-21]

Розрахуємо витрати палива в кг/га за формулою:

$$Q_{\text{га}} = Q_{\text{змінні}} / W_{\text{змінна}} \quad (3.9)$$

де $Q_{\text{змінні}}$ - витрати палива за всю робочу зміну, кг/зміну;

$W_{\text{змінна}}$ – площа поля, яку обробляє агрегат за зміну, га/зм.

Витрати палива за зміну визначаються як:

$$Q_{\text{змінні}} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z; \quad (3.10)$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

де $Q_{\text{рг}}, Q_{\text{х}}, Q_{\text{з}}$ - відповідно кількість палива, яка витрачається за годину під час робочих та холостих ходів, а також під час зупинок з працюючим двигуном, кг/год

$t_{\text{х}}, t_{\text{з}}$ - час, який затрачають на холості ходи і зупинки при працюючому двигуні відповідно, год.

В більшості випадків приймається $t_{\text{х}} \approx t_{\text{з}}$ [14]

$$t_{\text{х}} \approx t_{\text{з}} = (T_{\text{зміни}} - T_{\text{р}})/2 \quad (3.11)$$

$$t_{\text{х}} \approx t_{\text{з}} = (7 - 5,95)/2 = 0,525 \text{ год}$$

Згідно з (3.10)

$$Q_{\text{зміни}} = 29,8 \cdot 5,95 + 2,8 \cdot 0,525 + 2,8 \cdot 0,525 = 180,25 \text{ кг/зміну};$$

На один гектар витрати палива становлять, кг/га:

$$Q_{\text{га}} = Q_{\text{зміни}} / W_{\text{зміни}} = 180,25/35,7 = 5,049 \text{ кг/га} \quad (3.12)$$

На підставі виконаних розрахунків можна дійти попереднього висновку, що ґрунтообробний агрегат у складі трактора John Deere 180 та важкого комбінованого культиватора шириною захвату 6 м характеризується вищою ефективністю порівняно з агрегатами, які використовувалися для полицевого обробітку ґрунту. Переваги проявляються у збільшенні продуктивності та зменшенні питомих витрат пального. Крім того, конструктивні й експлуатаційні можливості агрегату дозволяють у разі підвищення тягового опору робочої машини здійснювати роботу на нижчих швидкостях, забезпечуючи стійкість технологічного процесу.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3.3. Підготовка поля до роботи

Результативність використання машинно-тракторних агрегатів та рівень якості виконання польових технологічних операцій значною мірою обумовлюються правильністю підготовки робочої ділянки. Перед початком робіт поле очищують від предметів і перешкод, які можуть порушувати технологічний процес або створювати труднощі під час роботи техніки. Важливим етапом також є вибір найбільш раціонального напрямку пересування агрегату та схеми його руху. Під час обґрунтування способу руху беруть до уваги особливості технологічного процесу, форму та розміри поля, довжину робочих проходів, а також рельєф місцевості та ступінь похилу поверхні. Раціонально обрана схема повинна сприяти підвищенню продуктивності агрегату, зниженню експлуатаційних витрат і забезпеченню виконання агротехнічних вимог у повному обсязі.

Оскільки при проведенні безполицевого основного обробітку ґрунту важким комбінованим агрегатом після кожного проходу формується суцільно оброблена смуга шириною 6 м без утворення гребенів і борозен, для даних виробничих умов найбільш ефективним є човниковий спосіб руху по гонах із виконанням петльових поворотів.

3.3.1 Розрахунок ширини поворотних смуг

У разі застосування гонового способу руху агрегату по краях поля передбачаються поворотні смуги, які забезпечують можливість виконання розворотів та холостих проходів. Їх ширина встановлюється з урахуванням складу машинно-тракторного агрегату та прийнятого типу повороту. Для обраної схеми руху з використанням петльових поворотів ширина поворотної смуги становитиме

$$E = 3 R_{\min} + L_a, \quad (3.13)$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

де $R_{\min}$ – мінімально можливий радіус повороту енергетичного засобу ,м
(для John Deere 180 $R_{\min} = 5,2\text{м}$)

L_a – довжина агрегату кінематична.

В разі використання причіпних ґрунтообробних агрегатів

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_{\text{м}} \quad (3.14)$$

де $L_{\text{тр}}$ – довжина трактора John Deere 180, кінематична ($L_{\text{тр}} = 1,14\text{м}$);

$L_{\text{м}}$ – довжина культиватора КПМ-6, кінематична ($L_{\text{м}} = 3,5\text{м}$).

$$L_a = 1,14 + 3,5 = 3,99\text{м}$$

Розрахункова ширина поворотної смуги становитиме

$$E = 3 \cdot 5,2 + 3,99 = 19,59\text{м}.$$

Необхідно враховувати те, що поворотна смуга повинна мати ширину кратну технологічній ширині захвату культиватора КПМ-6, тому приймаємо

$E = 24\text{м}$, так як технологічна ширина захвату культиватора становить 6м.

3.3.2 Розбивання поля на заїмки

Розміри заїмок обґрунтовують з урахуванням необхідності підтримання безперервної роботи машинно-тракторного агрегату протягом 2–3 змін. Від правильності їх вибору залежить величина непродуктивних переміщень техніки, а також кількість борозен, що утворюються при виконанні полицевого обробітку ґрунту.

При застосуванні човникового способу руху з виконанням петльових розворотів вирішальне значення під час визначення параметрів заїмки має загальний термін виконання польових робіт. За потреби для дотримання агротехнічних строків до роботи можуть залучатися кілька агрегатів однакового або близького функціонального призначення. У такому випадку робочу площу

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

поділяють на окремі ділянки, розміри яких забезпечують раціональне завантаження техніки та високу ефективність її використання.

У даному випадку розмір загінки розраховують за формулою:

$$C = [10^4 \cdot (2..3) \cdot W_{\text{змінна}}] / L \quad (3.15)$$

де $W_{\text{зм}}$ –продуктивність ґрунтообробного агрегату за зміну ($W_{\text{змінна}} = 35,7 \text{ га/зм}$).

L – загальна довжина гонів на полі, м ($L = 1200 \text{ м}$)

$$C = [10^4 \cdot 3 \cdot 35,7] / 1200 = 892,5 \text{ м}$$

Необхідно узгодити розміри загінки з робочою шириною машини. Для того щоб обробити площу поля виділену загінкою ґрунтообробний агрегат має зробити n проходів

$$n = C / B_p = 892,5 / 6 = 148,75 \quad (3.16)$$

Приймаємо $n = 150$ тоді

$$C = n \cdot B_p = 150 \cdot 6 = 900 \text{ м} \quad (3.17)$$

Визначимо необхідну кількість загінок

$$N = (10^4 \cdot F) / (L \cdot C) \quad (3.18)$$

де F – загальна площа поля ($F = 120 \text{ га}$);

L – загальна довжина гонів ($L = 1200 \text{ м}$);

C – розмір загінки ($C = 900 \text{ м}$)

$$N = (10^4 \cdot 120) / (900 \cdot 1200) = 1,48 \text{ шт}$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Отже, поле на загінки можна не розбивати так як його можна обробити одним ґрунтообробним агрегатом протягом двох днів, що передбачається агротехнічними вимогами щодо термінів виконання даної операції.

3.4. Розробка операційної технологічної карти на процес основного безвідвального обробітку ґрунту

Операційна технологічна карта являє собою структурований документ, який містить комплекс технологічних нормативів, вимог і рекомендацій щодо організації та виконання виробничих операцій у визначеній послідовності. Результативність виробництва продукції рослинництва значною мірою залежить від раціонального поєднання окремих технологічних процесів, ефективного використання технічних можливостей машинно-тракторних агрегатів і належного планування виконання польових робіт.

У карті подають характеристику виробничих умов та агротехнічних вимог, порядок підготовки агрегату й поля до роботи, вибір найбільш доцільного способу руху та швидкісного режиму роботи. Також у ній визначаються показники продуктивності агрегату, нормативи витрат пального і методи оцінювання якості виконання технологічних операцій. Додатково розраховують тривалість одного робочого циклу, довжину загінки, виробіток агрегату за цикл, кількість циклів за зміну та обсяг витрат пального протягом зміни.

Розрахунок тривалості одного циклу роботи здійснюють за формулою [14]:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12L_p}{10^2 \cdot g_p} + 2t, \quad (3.19)$$

де L_p – довжина загінки робоча, м;

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

ϑ_p - швидкість агрегату при виконанні технологічного процесу, км/год;
 t – час, який приходить на виконання поворотів у кінці кожної заїмки
, хв (рекомендоване значення $t = 1,5$)

$$L_p = L - 2E \quad (3.20)$$

$$L_p = 1200 - (2 \cdot 24) = 1152\text{м}$$

Тоді

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 1152}{100 \cdot 10} + 2 \cdot 1,5 = 16,82 \text{хв} \approx 0,28 \text{год}$$

Продуктивність ґрунтообробного агрегату за один цикл роботи визначають як, га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p \cdot v_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau \quad (3.21)$$

Згідно попередніх розрахунків

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 0,28 \cdot 0,85 = 1,428 \text{ га/ц}$$

Ґрунтообробний агрегат за зміну може виконати n циклів

$$n_{\text{ц}} = W_{\text{змінна}} / W_{\text{ц}} = 35,7 / 1,428 = 25 \text{ ц/зм} \quad (3.22)$$

3.4.1. Контроль основних показників якості виконання основного безвідвального обробітку ґрунту.

Контроль глибини обробітку здійснюють за допомогою лінійки-щупа, виконуючи серію вимірювань уздовж діагоналі обробленої ділянки. Для

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

забезпечення репрезентативності результатів проводять від 15 до 25 повторних замірів. Середня фактична глибина може відрізнятись від заданої не більше ніж на $\pm 1,5\text{--}2$ см. При визначенні показника безпосередньо після проходу агрегату його значення зменшують на 20 %, а після природного ущільнення обробленого шару — на 10 %. Допустима варіація глибини в межах поля становить 15–20 % [13].

Ступінь кришення та розпушування ґрунту встановлюють шляхом просіювання відібраної проби через сито з отворами діаметром 50 мм. У процесі аналізу ґрунтову масу розділяють на фракції розміром менше та більше 50 мм. Після визначення їх маси або об'єму розраховують відсотковий вміст кожної фракції відносно загальної проби.

Для оцінювання мікрорельєфу поверхні використовують профілометр або двометрову рейку. Вимірювання виконують з інтервалом 10 см, повторюючи встановлення рейки 10–12 разів у різних точках поля. Отримані значення висоти гребенів і глибини нерівностей фіксують у польовому журналі. Середній показник гребенистості не повинен перевищувати 6–8 см.

Кількість рослинних решток на поверхні визначають шляхом багаторазового відбору проб із використанням рамки розміром 1×1 м. До початку та після завершення обробітку виконують серію вимірювань, за результатами яких обчислюють середню масу решток. Порівняння отриманих значень дозволяє встановити частку стерні та інших рослинних залишків, що збереглися на поверхні поля після виконання технологічної операції.

Ефективність підрізання бур'янів перевіряють на контрольних майданчиках шляхом підрахунку загальної кількості рослин і тих, що залишилися неушкодженими. Частку непідрізаних бур'янів визначають у відсотках, причому їх наявність згідно з агротехнічними вимогами не допускається.

Повноту охоплення площі обробітком контролюють візуальним методом. Будь-які необроблені смуги чи пропуски на полі вважаються порушенням встановлених вимог до якості виконання робіт.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

На основі проведених інженерно-технологічних розрахунків і прийнятих технічних рішень розроблено операційну технологічну карту виконання основного безвідвального обробітку ґрунту, яку подано в графічних матеріалах роботи.

4. Інженерна частина

4.1. Стан питання про машину, що модернізується

4.1.1. Особливості конструкції універсального культиватора та зміст його удосконалення

Універсальний комбінований культиватор застосовується для розпушування ґрунту під час проведення осінніх і весняних польових робіт, пов'язаних з основним або поверхневим обробітком. За необхідності машина забезпечує також загортання мінеральних добрив у ґрунтовий шар.

Агрегат призначений для роботи з тракторами тягових класів від 3 до 5 і приєднується до них за причіпною схемою. Використання культиватора допускається на ділянках із нахилом поверхні до 8° , за вологості ґрунту, що не перевищує 27 %, та показниках його твердості до 3,5 МПа.

Конструктивно машина виконана у вигляді причіпного рамного агрегату з трирядним розташуванням робочих органів. До складу культиватора (рис. 4.1) [22] входять несуча рама (1), сниця (2), механізм блокування транспортного положення (3), культиваторні лапи важкого типу, встановлені на жорстких стійках (5), а також борони із пружинними зубами (4), які мають тупий кут входження в ґрунт. Кріплення борін до рами здійснюється через паралелограмний механізм (12), а необхідний тиск на поверхню ґрунту створюється спеціальним пружинним регульовальним пристроєм (13).

Необхідна глибина обробітку встановлюється зміною положення опорних коліс (7, 8) за допомогою гвинтового регульовального механізму (9). Перехід машини з робочого стану у транспортний забезпечується дією гідроциліндра (11), який через траверсу впливає на ходову частину агрегату.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Робота гідравлічної системи, що включає вузли 10, 11 і 14, здійснюється за рахунок подачі робочої рідини під тиском від гідросистеми трактора.

Несуча рама являє собою жорстку зварну конструкцію, виготовлену з порожнистих профільних елементів. З'єднання культиватора з енергетичним засобом виконується за допомогою причіпної снічі.

.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

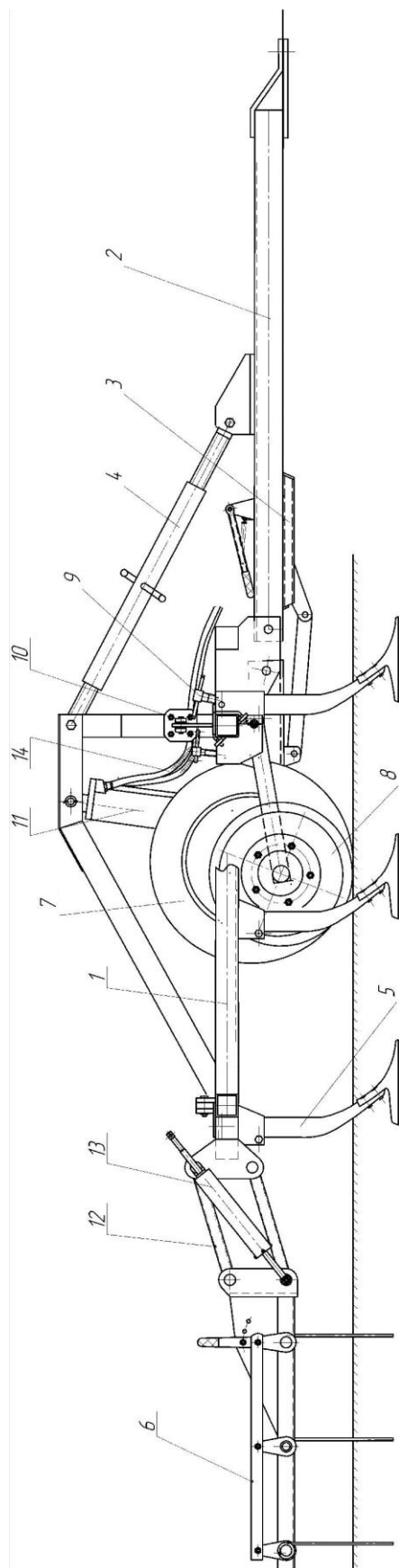


Рис. 4.1. Загальний вигляд культиватора КПМ-6

На центральній сніці встановлено телескопічну гвинтову тягу 4, яка призначена для регулювання висоти розташування шарніра сніці.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Страхувальний ланцюг призначений для забезпечення безпеки під час експлуатації агрегату та запобігання небезпечним наслідкам у випадку аварійного від'єднання культиватора від трактора.

Габаритна ширина машини в транспортному положенні становить не більше 4,4 м, що дозволяє безперешкодно та безпечно переміщувати її автомобільними дорогами загального користування. Переведення культиватора з робочого режиму в транспортний та у зворотному напрямку виконується оператором без виходу з кабіни трактора за допомогою гідравлічної системи.

Регулювання глибини обробітку здійснюється гвинтовим механізмом, який змінює положення опорного колеса відносно несучої рами. При одному повному оберті регульовального гвинта глибина заглиблення робочих органів змінюється на 15 мм.

Основними елементами, що виконують технологічний процес, є стрілчасті лапи із шириною захвату 420 мм. Кожна лапа кріпиться окремо, що забезпечує ефективне розпушування ґрунтового шару на глибину до 0,2 м.

За необхідності культиватор комплектують додатковими пристроями у вигляді різних типів котків або борін. Ці робочі органи монтуються за лапами по всій ширині захвату агрегату та виконують остаточне подрібнення грудок ґрунту, а також вирівнювання поверхні поля після основного обробітку.

Конструкція кріпильних елементів рами дозволяє встановлювати широкий спектр допоміжних робочих органів, зокрема зубові борони. Залежно від величини навантаження, що припадає на один зуб, борони класифікують на легкі, середні та важкі. Робочі зуби можуть мати різну форму та переріз: квадратний, круглий, овальний, прямокутний, лапчастий або пружинний вигнутий.

Зуби квадратного перерізу оснащуються загостреним скошеним кінцем. Якщо напрямок скосу зорієнтований уперед за ходом руху агрегату, досягається більша глибина проникнення в ґрунт, ніж при протилежному розташуванні скосу.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед початком роботи тип борін підбирають з урахуванням фізичного стану ґрунту. Для обробітку перезволожених, ущільнених або схильних до запливання ґрунтів переважно використовують важкі борони. У складі агрегату повинні застосовуватися борони однієї моделі. Під час підготовки до роботи контролюють технічний стан зубів: борону встановлюють на рівний майданчик, а відстань між кінцями зубів і поверхнею не повинна перевищувати 10 мм. Зношені або пошкоджені зуби підлягають заміні. Всі зуби зі скошеними кінцями мають бути встановлені однаково, із однаковою орієнтацією скосу. Якщо використовується парна кількість борін, їх розміщують симетрично відносно поздовжньої осі бруса культиватора та закріплюють спеціальними кронштейнами. Під час виконання технологічного процесу всі зуби повинні працювати на однаковій глибині, забезпечуючи рівномірний обробіток ґрунту по всій ширині захвату агрегату.

З огляду на те, що останнім часом у багатьох агропідприємствах з'являються енергонасичені трактори підвищеного тягового класу, для їх раціонального використання доцільно застосовувати широкозахватні ґрунтообробні агрегати, до яких належить і даний культиватор. Сучасні виробники дедалі частіше впроваджують мінімальні безвідвальні технології обробітку та сівбу по відповідному агрофону, що зумовлює потребу вдосконалення конструкції додаткових робочих органів. Вони мають забезпечувати інтенсивне подрібнення поверхневого шару ґрунту, насиченого рослинними рештками, і водночас бути стійкими до забивання.

З метою вирішення зазначеного завдання пропонується розробити конструкцію пружинних борін, адаптовану за конструкційними параметрами та технологічними характеристиками до базової машини КПМ-6. Для покращення копіювання рельєфу поля та забезпечення стабільної глибини розпушування їх з'єднання з рамою культиватора доцільно виконати на основі паралелограмної підвіски. Регулювання притискного зусилля борін до ґрунту та стабільність їх роботи пропонується забезпечувати спеціальним пружинним натискним механізмом 13, (рис. 4.1)

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Обґрунтування взаємного розташування основних робочих органів універсального культиватора

Враховуючи підвищену кількість пожнивних решток на поверхні ґрунту під час осіннього обробітку, робочі органи універсального культиватора рекомендується компонувати у три ряди. Таке розташування забезпечує покращене проходження рослинної маси між стійками лап, знижує ризик забивання агрегату та підвищує якість обробітку ґрунту. Рациональна величина міжрядної відстані між рядами лап визначається відповідно до рекомендацій [23] та наведена на рис. 4.2.

$$L = v / \operatorname{tg}[90^\circ - (\gamma + \varphi^1)] \quad (4.1.)$$

де γ – половина кута розхилу леза лапи;

φ^1 – кут тертя ґрунту по лезу, рекомендоване значення $\varphi^1 \approx 30^\circ$;

v – ширина лапи, 420 мм.

Кут розтину леза лапи має суттєвий вплив на якість і надійність роботи, яку виконує лапа.

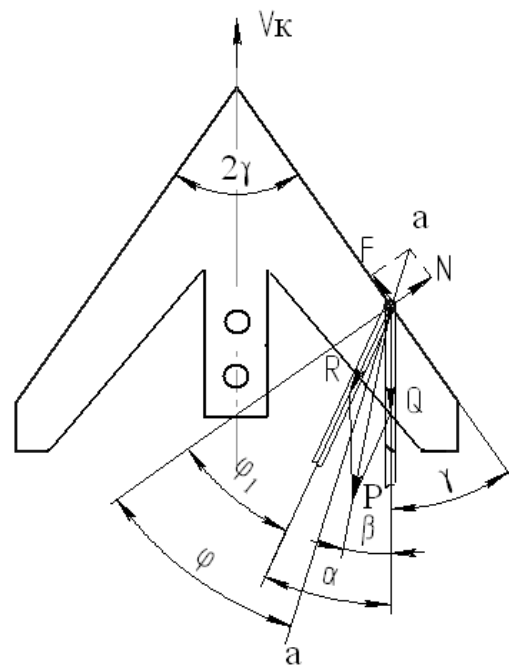


Рис. 4.2 – Схема взаємного контакту леза лапи та кореня бур'яну

Ділянка кореня рослини, що безпосередньо взаємодіє з різальною кромкою лапи, перебуває під впливом основних сил **R** і **Q**, а також порівняно невеликої лобової сили, яка сприяє переміщенню кореня вздовж леза. Переміщення (ковзання) кореня відбувається за умови, що рівнодіюча сила **P**, утворена силами **R** та **Q**, виходить за межі кута тертя φ , який характеризує взаємодію кореня з поверхнею леза лапи.

Сила **Q** прикладена під кутом γ відносно різальної кромки робочого органа. Граничним положенням рівнодіючої сили **P** є випадок, коли напрямок її дії збігається з лінією **a—a**, що відповідає стану початку ковзання кореня по поверхні леза. За такого положення система сил перебуває в умовах граничної рівноваги, а подальша зміна співвідношення сил викликає переміщення кореня вздовж робочої поверхні лапи, тобто

$$\gamma = 90^\circ - (\varphi + \beta) \quad (4.2)$$

де β – кут, який утворюється між напрямком руху агрегату та рівнодіючою силою **P** та.

Можна припустити, що $R \approx Q$, тоді

$$\beta = \alpha / 2 \quad (4.3)$$

де α – кут між взаємним розташуванням векторів сил **R** та **Q**, за умови перебування сили **R** у крайньому стані

$$\beta = \varphi - \varphi^1, \quad (4.4)$$

$$\text{тоді} \quad \gamma = 90^\circ - (2\varphi - \varphi^1) \quad (4.5)$$

де φ^1 – кут внутрішнього тертя ґрунту, рекомендовано приймати $\varphi^1 = 30^\circ$

Лінія а – а - є межею кута тертя φ . Таким чином, для забезпечення різання з ковзанням необхідно забезпечувати умову

$$\gamma \leq 90^\circ - (2\varphi - 30^\circ) \quad (4.6)$$

Кут тертя рослинних стебел по лезу, встановлено експериментально і він становить $\varphi = 45^\circ$, тоді

$$\gamma \leq 90^\circ - (2 \cdot 45^\circ - 30^\circ) = 30^\circ \quad (4.7)$$

отже $2\gamma = 60^\circ$

Зменшення кута 2γ призводить до збільшення кількості лап і стійок до них.

З метою зниження ймовірності забивання міжлапового простору культиватора рослинними рештками та часткового зменшення тягового опору, з а результатами експериментальних даних та виробничого досвіду та на підставі аналізу конструктивних параметрів культиваторів аналогічного класу, зокрема моделі КПЕ-3,8, для розроблюваного агрегату приймається стандартна стрілчаста лапа із шириною захвату **420 мм**. Такий вибір забезпечує необхідну якість розпушування ґрунту та відповідає умовам експлуатації машини.

Рациональне значення поздовжньої відстані між рядами лап визначається розрахунковим методом з урахуванням конструктивних і технологічних вимог та обчислюється за формулою:

$$L = 420 / \operatorname{tg} \cdot [90^\circ - (30^\circ + 30^\circ)] = 724,14471 \text{ мм} = 0,725 \text{ м} \quad (4.8)$$

З урахуванням конструкційних особливостей культиватора при трьохрядному розташуванні лап приймаємо

$$L = 700 \text{ мм.}$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Для надійної роботи культиватора необхідно забезпечувати належне перекриття між сусідніми лапами

$$C = L \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (4,9)$$

де δ – кут можливого випадкового відхилення напрямку руху лап культиватора від прямої лінії в процесі роботи, приймаємо $\delta = 4^\circ$ (рис.4.3)

тоді $C = 0,7 \cdot \operatorname{tg} 4^\circ = 0,048 \text{ м} \approx 50 \text{ мм}$

Загальна кількість лап на культиваторі становить

$$n = (B - c) / (b - c) \quad (4.10)$$

$$n = (6000 - 50) / (420 - 50) = 16,08 \approx 17 \text{ штук}$$

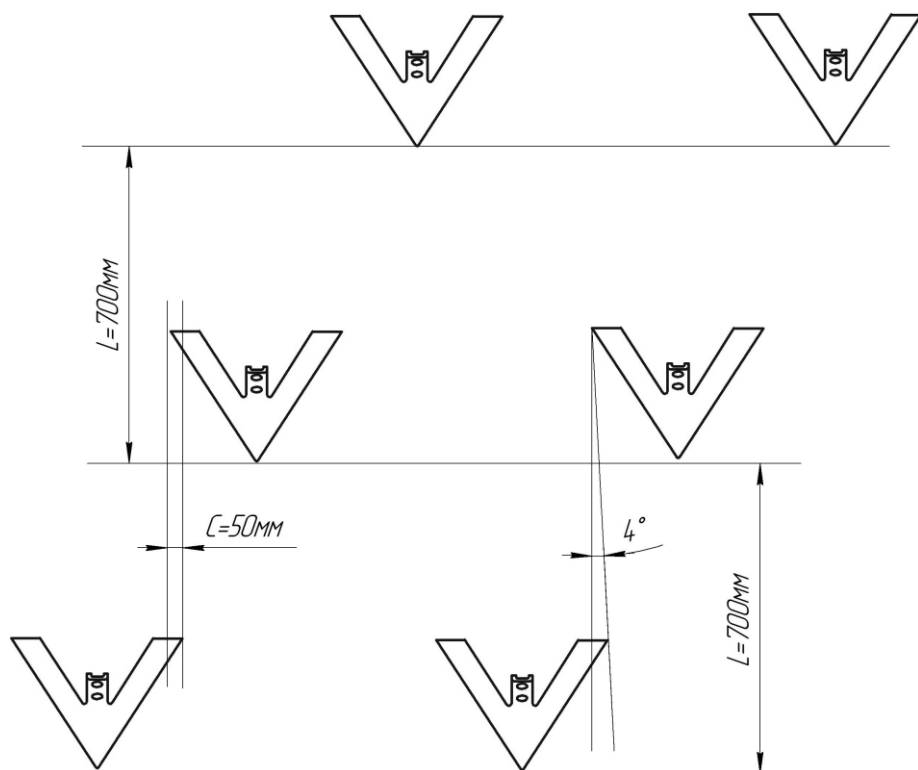


Рис. 4.3 – Схема для розташування лап у конструкції культиватора

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

З урахуванням особливостей взаємного розташування робочих органів на рамі культиватора приймаємо $n = 17$

4.3. Обґрунтування параметрів пружинної борони

У процесі модернізації культиватора запропоновано оснащення агрегату додатковими робочими органами у вигляді борін із пружинними зубами, які мають тупий кут входження в ґрунт. Проте схема розміщення зубів у таких боронах практично не відрізняється від конструкції традиційних зубових борін, тому обґрунтування їх основних параметрів доцільно виконувати за методикою, що застосовується для важких зубових борін.

Визначення конструктивних параметрів борони необхідно здійснювати з урахуванням її здатності копіювати нерівності поверхні поля, а також залежно від маси та жорсткісних характеристик конструкції. Ці чинники безпосередньо впливають на якість обробітку ґрунту та стабільність роботи агрегату.

Одним із головних параметрів зубової борони є відстань b між сусідніми зубами. Величина цього параметра визначається кутом сколювання ґрунту α і повинна забезпечувати суцільний обробіток поверхні без пропусків. Для борін із вертикально встановленими зубами ця умова виконується при дотриманні залежності:

$$b = 2a \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2). \quad (4.11)$$

Якщо відстань між зубами менша від розрахункового значення, спостерігається надмірне перемішування ґрунтової маси, що негативно впливає на рівномірність обробітку та стійкість руху агрегату. У разі перевищення допустимого значення між борозенками залишаються необроблені смуги, що погіршує якість виконання технологічної операції.

Величина кута сколювання α залежить від геометричної форми зуба, маси борони та умов її роботи. Для важких зубових борін цей кут зазвичай перебуває в межах від 30° до 50° .

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для борін із нахиленими зубами відстань між суміжними борозенками визначають за відповідною розрахунковою залежністю [23]. Це дозволяє забезпечити рівномірне перекриття зон дії окремих зубів і досягти високої якості поверхневого обробітку ґрунту.

$$b = S + \frac{2\alpha \tan \frac{\alpha}{2}}{\cos(\varphi + \alpha)} \quad (4.12)$$

де S — ширина робочої частини зуба, мм ($S = 10$ мм);

φ — кут руйнування (сколювання) ґрунту у вертикальній площині, який залежно від властивостей ґрунту та конструкції робочого органа приймається в межах $20\text{--}30^\circ$.

Використовуючи наведені параметри, виконують розрахунок основних конструктивних характеристик борони. За результатами розрахунків визначають раціональне взаємне розміщення зубів і формують схему зубового поля, яка забезпечує суцільний обробіток поверхні ґрунту без пропусків та надмірного перекриття робочих зон окремих зубів. Розраховані параметри та схема розташування зубів представлені на рис. 4.4.

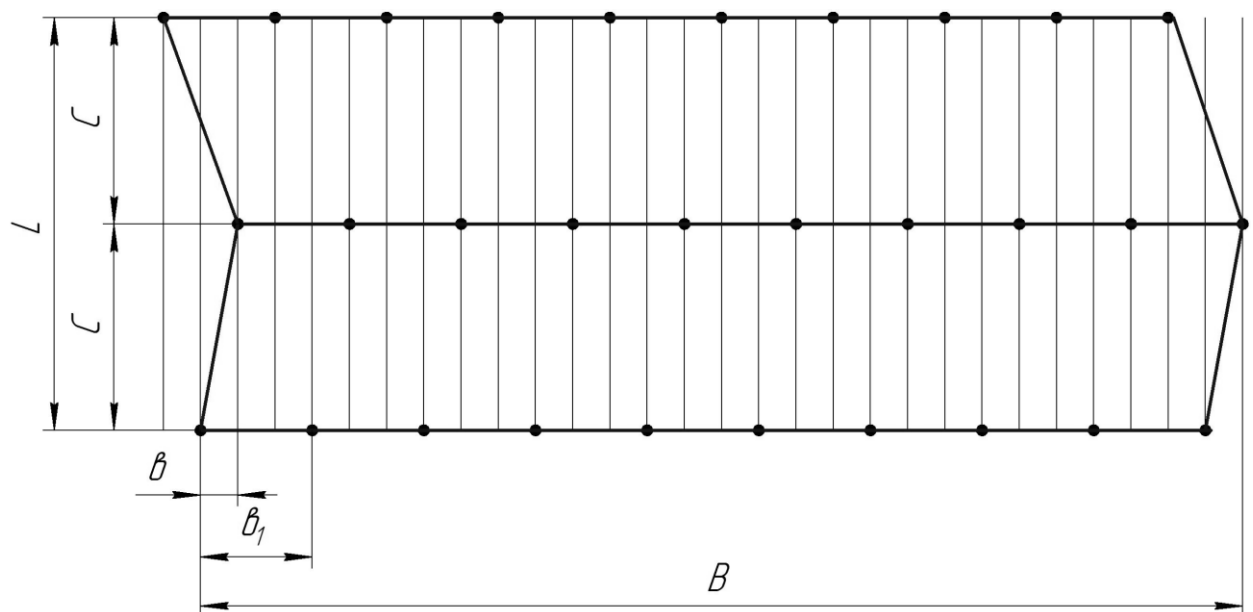


Рис. 4.4 – Схема зубового поля пружинної борони

Для пружинної борони, яка запропонована для встановлення на універсальному культиваторі, $L = 740$ мм, $C = 370$ мм, $b = 66,7$ мм, $b_1 = 200$ мм, а навантаження на один зуб становить 21,8 Н.

4.4. Розрахунки на міцність

4.4.1. Розрахунок на міцність стійки культиваторної лапи

Прийнято стійку лапи розраховувати на згин (рис.4.5).

Діюче на культиваторну лапу зусилля R_{zx} при розрахунках параметрів стійки рекомендовано збільшувати в 1,5 рази, щоб були враховані як нестійкість навантаження так і тимчасові перевантаження.

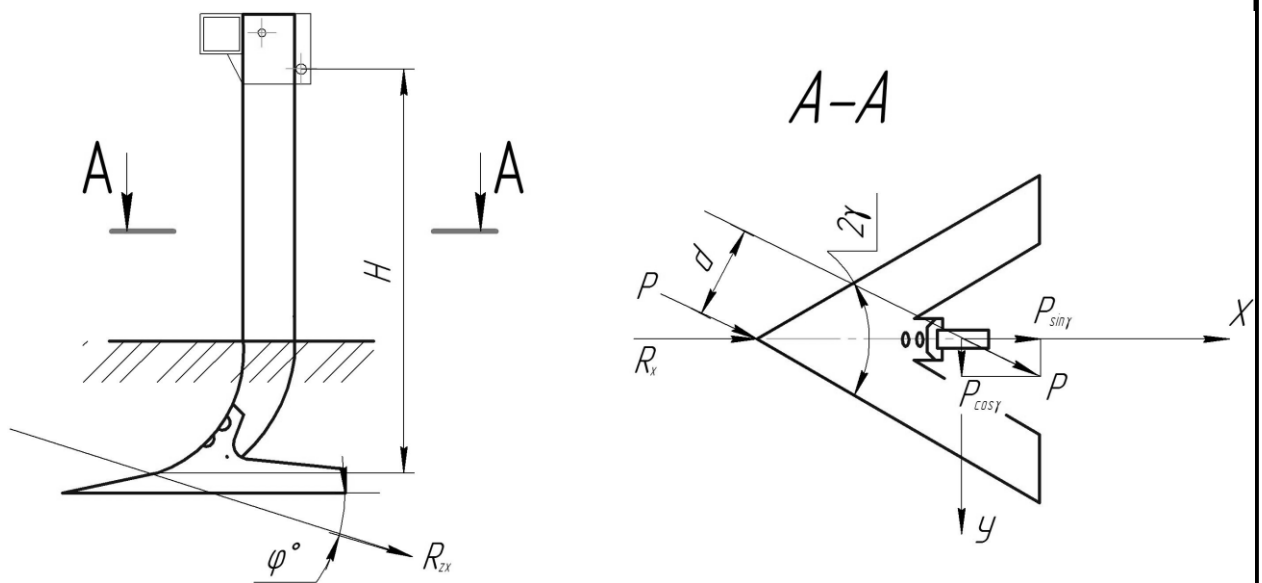


Рис. 4.5 – Розрахункова схема для стійки культиваторної лапи

$$M_3 = 2 \cdot R_{zx} \cdot H \quad (4.13)$$

де - $R_{zx} = R_x / \cos \varphi$ або

$$R_{zx} = q \cdot B / \pi \cdot \cos \varphi \quad (4.14)$$

де - R_x – горизонтальна рівнодіюча сила;

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

φ – кут нахилу рівнодіючої сили R_{zx} до горизонтальної площини, зазвичай приймають 20° ;

q – опір 1 м ширини захвату культиватора. Згідно розділу 2 роботи $q = 440$ кг/м;

B – ширина культиватора, м, 6м;

π – кількість робочих органів, 17;

Перетворюємо формулу (4.10) і отримуємо [25,26]

$$M_3 = (q \cdot B / \pi \cdot \cos \varphi) \cdot 1,5 \cdot H \quad (4.15)$$

Підставивши відповідні значення, отримаємо

$$M_3 = (440 \cdot 6 / 17 \cdot \cos 20^\circ) \cdot 1,5 \cdot 0,51 = 126,4 \text{ кг} \cdot \text{м} = 1264 \text{ Нм}$$

Розрахуємо необхідний поперечний перетин стійки. Припускаємо, що її виготовляють зі сталі Ст 5 Гпс. Для даної сталі $\delta = 1600 \text{ кг/см}^2$.

Тоді

$$W = M_3 / \delta = 126,4 \cdot 10^2 / 1600 = 7,9 \text{ см}^3$$

Якщо ширина стійки $b = 2,5$ см, то її довжина a становитиме

$$a = 6W / b^2 = 6 \cdot 7,9 / 3^2 = 5,26 \text{ см}$$

Враховуючи те, що в розрахунках не можливо врахувати максимально можливі значення опору ґрунту, які можуть виникати то рекомендуємо використовувати поширене у ґрунтообробних культиваторів значення поперечного перетину $a \times b = 30 \times 70$ мм.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

5. Охорона праці

5.1. Особливості умов праці при вирощуванні озимої пшениці.

Під час вирощування озимої пшениці значна частина технологічних операцій виконується у весняно-літній період, коли працівники тривалий час перебувають під впливом несприятливих факторів виробничого середовища. До них належать підвищена температура та вологість повітря, які негативно впливають на самопочуття людини. Перегрівання організму може викликати втому, запаморочення, головний біль і загальне погіршення працездатності. За таких умов ефективність виконання робіт знижується приблизно на 10–15 %. При відносній вологості повітря в межах 70–90 % фізичне навантаження переноситься значно важче, а продуктивність праці може зменшуватися майже на 30 %.

Серед шкідливих виробничих факторів особливе місце займають запиленість повітря, підвищені рівні шуму та вібрації. Пил, що утворюється під час виконання польових робіт, подразнює слизові оболонки очей і дихальних шляхів, а при тривалому впливі може негативно позначатися на функціонуванні органів дихання. Джерелами шуму є трактори, комбайни та інші сільськогосподарські машини. Тривала дія інтенсивного шуму призводить до швидкої втомлюваності, погіршення слуху та негативно впливає на нервову систему працівника. Крім того, шум ускладнює сприйняття сигналів небезпеки, погіршує орієнтацію в просторі та може знижувати продуктивність праці на 5–12 %, збільшуючи ймовірність виникнення нещасних випадків. Вібраційні навантаження також є небезпечними, оскільки за тривалої дії здатні викликати професійні захворювання, зокрема вібраційну хворобу.

Важливим чинником, що впливає на стан працівників, є значні фізичні навантаження, пов'язані з поєднанням статичної та динамічної роботи під час виконання виробничих операцій.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Технологія вирощування озимої пшениці включає комплекс механізованих і ручних робіт, передбачених технологічною картою. Для кожної операції необхідно дотримуватися встановлених вимог охорони праці та виробничої безпеки.

Перед початком виконання ґрунтообробних робіт здійснюють перевірку технічного стану машинно-тракторного агрегату, контролюють комплектність обладнання, справність робочих органів і надійність усіх різьбових та кріпильних з'єднань. Регулювання механізмів або заміну робочих елементів виконують лише після встановлення культиватора на рівному та стійкому майданчику, що забезпечує безпечні умови праці та підвищує точність налаштувань.

До початку польових робіт проводять обстеження території поля. Виявлені нерівності, ями та канави ліквідовують, а небезпечні ділянки поблизу ярів, схилів чи інших перешкод позначають попереджувальними знаками.

Перед проведенням сівби всі працівники повинні пройти інструктаж з питань безпеки праці. Для захисту від пилу та інших шкідливих чинників необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, зокрема респіратори, захисні окуляри та рукавиці.

Перед початком збирання врожаю комбайнер після отримання виробничого завдання та проходження відповідного інструктажу повинен ознайомитися зі схемою руху агрегату по полю, вивчити особливості рельєфу місцевості та визначити безпечні місця для виконання розворотів. До керування комбайном допускаються лише працівники, офіційно призначені для роботи на конкретній машині. Під час виконання збиральних робіт необхідно контролювати стан робочих органів жатки та запобігати намотуванню рослинної маси на обертові деталі, оскільки це може призвести до перегрівання механізмів і виникнення пожежі. Очищення вузлів і механізмів проводять тільки після їх зупинки, використовуючи спеціальні пристрої та захисні рукавиці.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці.

За результатами аналізу, наведеного в п. 5.1, для створення безпечних умов праці під час роботи агрегату передбачено впровадження таких заходів:

- переведення культиватора з робочого в транспортне положення і навпаки здійснюється безпосередньо з робочого місця тракториста;
- у транспортному положенні культиватор фіксується стопорним пристроєм, що гарантує його надійне утримання під час переміщення;
- окремі вузли та агрегат у цілому обладнані спеціальними елементами для стропування при підйомі та місцями для встановлення домкратів. Ці точки марковані відповідно до чинних вимог.

Габаритні параметри машини в транспортному положенні відповідають нормативам перевезення дорогами загального користування і не перевищують 4,2 м за шириною та 4 м за висотою.

Показники поперечної статичної стійкості не перевищують 35° , а навантаження на керовані колеса агрегату становить не більше 0,2 його експлуатаційної маси.

Гідропривід відповідає встановленим вимогам безпеки. Конструктивне виконання та розміщення вузлів забезпечують можливість безпечного проведення технічного обслуговування й огляду.

З метою покращення умов праці під час вирощування пшениці передбачено комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що можуть виникати в процесі виконання польових робіт.

Для зменшення впливу пилу на механізаторів рекомендується застосовувати системи вентиляції. У разі недостатньої ефективності вентиляції необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: спеціальний одяг, захисні окуляри та респіратори.

Під час роботи з токсичними речовинами обов'язковим є використання спецодягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту. При

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

застосуванні пестицидів тривалість робочої зміни доцільно обмежувати 4–6 годинами.

Висновки

У результаті вдосконалення технології вирощування озимої пшениці, що передбачає заміну традиційного полицевого обробітку ґрунту на безполицевий, досягнуто підвищення продуктивності машинно-тракторного агрегату, скорочення трудових витрат і зменшення споживання паливно-мастильних матеріалів. Економія пального становить близько 5,04 ц на кожні 100 га оброблюваної площі.

Оснащення культиватора додатковими робочими органами у вигляді борін із пружинними зубами забезпечує ефективніше розпушування поверхневого шару ґрунту, розширює технологічні можливості агрегату та підвищує стабільність виконання технологічного процесу. Крім того, таке конструктивне рішення сприяє покращенню якості передпосівної підготовки ґрунту.

Виконані технологічні, енергетичні та міцнісні розрахунки засвідчили працездатність і доцільність застосування модернізованої конструкції комбінованого культиватора в умовах сільськогосподарського виробництва. Отримані результати підтверджують відповідність конструкції встановленим експлуатаційним і технологічним вимогам.

У розділі, присвяченому охороні праці, розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки працівників та створення належних умов праці під час виконання технологічних операцій.

Реалізація запропонованих технічних і технологічних рішень у комплексі дозволить підвищити ефективність вирощування озимої пшениці за рахунок покращення якості обробітку ґрунту, зростання врожайності культури, зменшення виробничих витрат та зниження собівартості отриманої сільськогосподарської продукції.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Література

1. Кириченко В. В. Рослинництво. Київ : Урожай, 2019. 640 с.
2. Лавриненко О. М. Біологія та систематика зернових культур. Харків : Основа, 2018. 312 с.
3. Шевніков М. Я. Технології вирощування зернових культур. Полтава : ФОП Говоров, 2020. 420 с.
4. Примаєв І. Д. Землеробство. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 480 с.
5. Мельник С. І. Система удобрення польових культур. Київ : Аграрна наука, 2017. 356 с.
6. Гудзь В. П. Інтенсивні технології вирощування озимої пшениці. Київ : ННЦ ІАЕ, 2022. 298 с.
7. Лісовий М. П. Захист рослин. Київ : Аграрна освіта, 2018. 512 с.
8. Медведєв В. В. Сучасні системи обробітку ґрунту. Харків : Апостроф, 2020. 340 с.
9. Господаренко Г. М. Агрохімія. Київ : ННЦ ІАЕ, 2019. 376 с.
10. Бойко П. І. Родючість ґрунтів і продуктивність культур. Київ : Аграрна наука, 2018. 410 с.
11. Жемойда О. В. Насінництво польових культур. Київ : Урожай, 2021. 290 с.
12. Стригун О. О. Інтегрований захист зернових культур. Київ : Аграрна освіта, 2022. 330 с.
13. О. Гайдєнко. Основні агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту та сівби. / Механізація АПК / Вівторок, 11 серпня 2020 15:15. Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18415-osnovni-ahrotekhnichni-vymohy-do-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html>
14. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва», розділ «Експлуатація Машино-тракторного парку» для студентів спеціальності - 7.130102 – «Агрономія»/Укл.: П.Г.Лузан, І.М.Осипов, В.М.Сало, С.М.Мороз. – Кіровоград. КДТУ, 1999.-44с.
15. MACMILLAN, R. H. Mechanics of Tractor: Tractor Drawbar Performance // id.scribd.com. — Режим доступу: <https://id.scribd.com/document/334430737/Ross-Macmillan-Chapter-2-pdf>
16. THE IMPACT OF TRACTOR DRAWBAR HEIGHT ON PERFORMANCE AND OPTIMIZATION — експериментальний аналіз тягової сили та швидкості руху трактора // PMC.ncbi.nlm.nih.gov. — Режим доступу: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11825671/>
17. TERRAMECHANICS AND OFF-ROAD VEHICLE ENGINEERING: Terrain Behaviour, Off-road Vehicle Performance and Design. — Режим доступу: <https://vdoc.pub/documents/terrmechanics-and-off-road-vehicle-engineering-terrain-behaviour-off-road-vehicle-performance-and-design-2qrm2i7v1l5g>
18. John Deere 6М 180 Utility Tractor. Технічні характеристики щодо потужності та двигуна трактора.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

19. Методичні положення та норми продуктивності та витрат палива на обробіток ґрунту (збірник). Містить методику розрахунку норм витрат пального для сільгоспмашин, включаючи культивуацію.

20. Дослідження UkrNDIPVT 2024. Дані польових досліджень щодо фактичних витрат пального під час ґрунтових операцій великими тракторами.

21. Івченко В. М., Зірзак О. С., Солошонок А. Л. та ін. Методика надання послуг з розробки норм продуктивності та витрат палива при створенні науково-технічної продукції. – Київ: НДІ «Укراгропромпродуктивність», 2024. – 93 с

22. Культиватори причіпні універсальні КПМ-4-6. Будова та Інструкція по експлуатації. Кіровоград, КОД, 2010. 30 с.

23. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч.закл. із спец. „Машини та обладнання с.-г. вир-ва”/За ред. М.І.Черновола. К.: Урожай, 2001.-384с.

24. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко. К.: Вища школа, 1993. 655 с.

25. Проектування сільськогосподарських машин. Навчально-методичний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Бендера І.М.,Рудь А.В., Козій Я.В. та ін. – Кам'янець-подільський: ФОП Сисин О.В.,2010. – 640 с.ISBN 978-611-539-016-8

26. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві.- К.: "Урожай", 1991.

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ДОДАТКИ

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		