

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

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

Механізація вирощування ячменю з модернізацією

культиватора КПМ-4

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи AI-21GP

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Пономарьов Максим

Володимирович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

професор, докт. техн. наук

_____ Василь САЛЮ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

_____ доц. Руслан ОСІН

Кропивницький

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

« » 2025 року

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

Пономарьова Максима Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування ячменю
з модернізацією культиватора КПМ- 4

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 01.06.2025р

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення технології вирощування ячменю

5. 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 ячменю	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 2025 р.

Підпис керівника

_____ Сало В.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 03 » 03 2025 р.

Підпис здобувача _____

Пономарьов М.В._____
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки	
				<u>Документація загальна</u>			
				Заново розроблена			
A4			КПМ 00.000. ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка			
A1			МВЯ 00. 000. 01 ТЧ	Технологічна карта	1		
A1			МВЯ 00. 000. 02 ТЧ	Операційна технологічна карта	1		
				<u>Документація по складальних одиницях</u>			
				Заново розроблена			
A0			КПМ 00 000	Культиватор причіпний універсальний КПМ-4	1		
A1			КПМ 00.013	Коток	1		
				<u>Документація по деталях</u>			
				Заново розроблена			
A4			КПМ 00. 618	Гайка-ковпак	1		
A3			КПМ 00.605	Вал	1		
A3			КПМ 00.402	Диск	1		
A4			КПМ 00.620	Маточина	1		
A3			КПМ 00 425	Напрявляюча щока	1		
				<i>КПМ 00.000 ВР</i>			
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Пономарьов			Літера	Аркуш	
Перевірів		Сало В.М.				Аркуш	
						Аркуш	
Н. контр.		Мачок Ю. В.			ЦНТУ гр. АІ-21ПЗ		
Затвердив		Васильковський					
Відомість роботи							

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
1	Вступ	6
2	Аналіз типової технології вирощування ячменю з визначенням шляхів її удосконалення	8
3	Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування заданої культури	12
3.1	Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту.	12
3.2	Обґрунтування складу та розрахунок агрегату для основного безполицевого обробітку ґрунту	13
3.3.	Підготовка поля до роботи	20
3.4.	Розробка операційної технологічної карти на процес основного безвідвального обробітку ґрунту важким культиватором	23
4.	Інженерна частина	27
4.1.	Опис об'єкту розробки	27
4.2.	Обґрунтування модернізації культиватора	29
4.3.	Технологічний розрахунок важкої культиваторної лапи.	30
4.4.	Визначення параметрів котка	34
4.5.	Кінематичний та силовий аналіз.	36
4.6.	Розрахунки на міцність	39
5.	Охорона праці	42
5.1.	Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації модернізованого культиватора КПМ-4.	42
5.2.	Розробка заходів по покращенню умов праці	42
	Висновки	43
	Література	45
	Додатки	46

Вступ

У процесі вирощування сільськогосподарських культур багаторазові проходи техніки та використання лемішних плугів і плоскорізів спричиняють ущільнення ґрунту та руйнування його структури. Це негативно впливає на водопроникність ґрунту, ускладнює газообмін із атмосферою, знижує його біологічну активність і, як наслідок, призводить до значних втрат урожаю. Порушення структури ґрунту також посилює ерозійні процеси, що щорічно збільшує площу еродованих земель в Україні. Вирішення екологічних проблем, охорона довкілля та збереження родючості ґрунтів є ключовими завданнями розвитку сільського господарства. Одним із шляхів їх розв'язання є впровадження протиерозійних технологій, зокрема безвідвального обробітку ґрунту, стерньового посіву, зменшення тиску сільськогосподарських агрегатів на ґрунт тощо.

Під час обробітку ґрунту, особливо за безвідвальних і мінімальних технологій, необхідне додаткове розпушування поверхневих шарів ґрунту. Це потрібно як для підготовки ґрунту до сівби звичайними рядковими сівалками, так і для створення сприятливих умов для накопичення та збереження вологи в зимово-весняний період. Досягнення цих умов вимагає значних змін у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, а також удосконалення наявних і розробки нових ґрунтообробних машин.

У цій бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано модернізацію важкого комбінованого культиватора, що дасть змогу підвищити якість технологічного процесу, універсальність і продуктивність машини.

					КПМ 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Пономарьов						6	
Перев.	Сало В.М.							
Н.контр.	Мачок Ю.В.							
Затвер.	Васильковський							
						ЦНТУ, гр. АІ -21ПЗ		

Очікується, що вдосконалена конструкція культиватора не лише покращить якісні показники виконання технологічного процесу, але й створить більш комфортні умови для роботи механізатора, що в підсумку підвищить загальну ефективність виробництва продукції рослинництва.

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

2. Аналіз типової технології вирощування ячменю з визначенням шляхів її удосконалення

Кіровоградська область, розташована в зоні північного Степу та південного Лісостепу, завдяки своїм ґрунтово-кліматичним характеристикам і погодним умовам традиційно спеціалізується на виробництві зерна.

Серед найурожайніших зернових культур виділяються озима пшениця та кукурудза. Високі врожаї ячменю та інших зернових і зернобобових культур можна отримати за умови використання передових агротехнічних методів, проте структура посівів і попередники мають відповідати природним та економічним умовам господарства [1,2].

Ячмінь – добре відома зернофуражна культура, яка серед аналогічних культур займає 65-70% посівних площ і близько чверті загальної площі зернових у країні.

Зерно ячменю насамперед використовується в тваринництві, значною мірою забезпечуючи ферми концентрованими кормами, особливо на промислових тваринницьких комплексах, де інші види кормів є менш технологічними.

Додавання ячменю в комбікорми сприяє зміцненню здоров'я та витривалості великої рогатої худоби під час зимового стійлового утримання. Крім того, його вживання позитивно впливає на несучість домашньої птиці. Солома ячменю є цінним грубим кормом для худоби.

Окрім цього, зерно ячменю широко застосовується у виробництві круп та інших харчових продуктів.

Серед ранніх ярих культур ячмінь вирізняється високою врожайністю, тому його використовують як основну страхову культуру для пересівання озимих у разі їх несприятливої перезимівлі.

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

У різних регіонах країни для вирощування ячменю застосовують технології, що враховують ґрунтово-кліматичні умови та особливості конкретних господарств.

Кіровоградська державна сільськогосподарська дослідна станція рекомендує для області наступну технологію вирощування ячменю.

Попередниками можуть бути більшість польових культур, головною вимогою до яких є низька забур'яненість поля, особливо багаторічними бур'янами, а також достатнє внесення органічних і мінеральних добрив. Найкраще висівати ячмінь та овес після озимої пшениці, кукурудзи, баштанних культур і цукрових буряків. Оптимальний строк повернення ячменю у сівозміну становить 2–3 роки, а вівса – 1–2 роки.

Овес у сівозміні виконує важливу фітосанітарну функцію, оскільки його посіви знижують ураження колосових культур кореневими хворобами, а кукурудзи – сажкою та стебловими гнилями.

Основний обробіток ґрунту під вирощування ячменю передбачає одно - або дворазове луцнення стерні на глибину 6–12 см, а також оранку або безполицевий обробіток на 20–22 см. У Південній підзоні Степу, за умов сухої осені після кукурудзи або буряків, замість оранки можливе оброблення ґрунту на глибину 12–14 см із використанням ґрунтообробних агрегатів БД-10, БДТ-7, КПЕ-3, КРГ-3,6 та інших, аналогічного призначення.

Для зернових культур у регіональних умовах рекомендовано вносити добрива під культивуацію або, ще ефективніше, безпосередньо під час сівби в рядки – по 10 кг азоту і фосфору. Це сприяє формуванню потужної кореневої системи, активному росту та розвитку молодих рослин. У результаті навіть за посушливих умов вони демонструють підвищену продуктивність.

Районовані сорти ярого ячменю для Кіровоградської області: СТАЛКЕР, АДАПТ, СН-28, ЕДЕМ, ОДЕСЬКИЙ 151.

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

Захист рослин від усіх основних хвороб, що передаються через насіння, забезпечують протруєнням насіння ячменю препаратом БЕРЕТ, 5% к.е. (3л/т).

Ячмінь проростає при температурі + 1-20 С. Висівати його рекомендують в останні дні серпня чи на початку вересня, залежно від кліматичних умов. Рекомендована норма висіву 4-4,5 млн. шт. / га. Глибина загортання насіння становить 5-6 см. При використанні ячменю як покривної культури весною норми висіву зменшуються на 15 – 25 %. Для сівби насіння ячменю використовують класичні зернові сівалки марок СЗ-3,6; СЗ-5,4 та їх модифікації, а також посівні машини різних виробників аналогічного призначення.

В умовах швидкого підсихання ґрунту чи масового проростання насіння однорічних бур'янів рекомендоване післяпосівне прикочування, а в окремих випадках і до сходове боронування.

Для ефективної боротьби з бур'янами сходи ячменю зазвичай обробляють одним з гербіцидів: СТИС, 18%, з.п. (0,1-0,10 кг/га) у фазі листків до кінця кущення ; ТРЕМОР, 60% з.п. (1,2 кг/га) – у фазі кущення культури; ГАРМОНІ, 75% с.т.с. (25-65г / га) – починаючи з фази -2-3 листків до початку кущення культури.

При сильному забур'яненні посівів ячменю дводольними бур'янами їх обробляють гербіцидом 2,4 ДА.

Обробіток посівів культур проти шкідників та хвороб слід проводити на основі визначення їх порогової чисельності. Для боротьби з шкідниками, а також поверхневого обробітку гербіцидами рекомендовано використовувати як штангові так і дистанційні обприскувачі марок ОП-2000-01; ОПШ-2000 та інші.

Збирання врожаю, залежно від умов, можна здійснювати як прямим комбайнуванням так і роздільним способом. Двофазне збирання врожаю за несприятливих погодних умов дозволяє запобігти втратам врожаю, його розпочинають на стадії воскової стиглості зерна. Для скошування хлібів у

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

валки використовують жниварки марки ЖВН-6А та інші аналогічного призначення, які навішують на різні зернові комбайни. Для підбирання валків використовують ті ж комбайни з платформами-підбирачами. Проте в більшості випадків перевага віддається прямому комбайнуванню. Зерно від комбайнів транспортують автомобільним транспортом до пунктів первинного обробітку - очищення, підсушування, зберігання. Слід зауважити, що виробництво зерна ячменю в базовому господарстві забезпечується з виконанням мінімальної кількості технологічних операцій, що і сприяє досягненню певної рентабельності в цілому. Але і за таких умов при застосуванні традиційних полицевих способів обробітку ґрунту необхідні великі енергетичні затрати, запобігти яких можна перейшовши на обробіток ґрунтів безвідвальними енергоощадними ґрунтозахисними знаряддями. Крім цього, враховуючи кліматичні умови ведення господарства, згідно з якими спостерігається нестача ґрунтової вологи, то такий безвідвальний спосіб обробітку ґрунту також може бути більш доцільним і ефективним.

Висновок

На підставі проведеного аналізу технологічних операцій по вирощуванню ярого ячменю в господарстві пропонується замінити енергоємний полицевий основний обробіток ґрунту на безполицевий плоско різний з використанням комбінованих важких культиваторів марки КПМ-4 [3]. Це повинно підвищити продуктивність праці, знизити затрати пального, створити сприятливі умови для накопичення та збереження вологи в ґрунті, а отже підвищити загальну ефективність вирощування ячменю в господарстві.

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

3. Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування заданої культури

3.1. Агротехнічні вимоги до основного безвідвального обробітку ґрунту.

Агротехнічні вимоги визначають правила використання різних типів ґрунтообробних знарядь. Щодо роботи безполицевих ґрунтообробних знарядь, зокрема важких культиваторів, висуваються такі вимоги [4]:

1. Дотримання заданої глибини обробітку ґрунту.

Відхилення середньої фактичної глибини обробітку від встановленого значення не повинно перевищувати $\pm 1,5-2$ см.

2. Розпушення ґрунту.

В обробленому шарі повинно міститися не менше 75–80% грудок розміром до 50 мм. Грудки понад 75 мм не допускаються за глибини обробітку більше 14 см.

3. Гребенистість поверхні.

Висота гребенів на поверхні не повинна перевищувати 6–8 см.

4. Збереження стерні.

Після обробітку ґрунту на його поверхні має залишатися 55–60% рослинних решток.

5. Вміст ерозійно небезпечних часток ґрунту.

Частка ерозійно небезпечних часток розміром менше 0,25 мм після обробітку не повинна збільшуватися.

6. Підрізання бур'янів.

Бур'яни повинні бути повністю підрізані.

7. Огріхи та суцільність обробітку.

Пропуски та нерівномірна обробка ґрунту не допускаються.

Пункт 4 агротехнічних вимог був розроблений спеціально для знарядь, призначених для боротьби з вітровою ерозією. Однак у степовій зоні

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

України більш ефективним є процес, що сприяє мульчуванню верхніх шарів ґрунту рослинними рештками. Ефективність цього процесу зростає зі зменшенням ширини захвату плоскорізних робочих органів. Тому як основні робочі органи доцільно використовувати важкі культиваторні лапи із шириною захвату до 40 см.

3.2. Обґрунтування складу та розрахунок агрегату для основного безполицевого обробітку ґрунту

Виконання технологічних операцій і витрати механічної енергії значною мірою залежать від раціонального комплектування ґрунтообробного агрегату. Ефективність роботи агрегату визначається відповідністю трактора та сільськогосподарського знаряддя для виконання конкретної операції, а також оптимальним співвідношенням тягового зусилля трактора і робочого опору знаряддя.

Перед вибором типу та марки трактора, а також підбором відповідного сільськогосподарського знаряддя необхідно враховувати низку факторів.

Основними з них є:

- наявність у господарстві енергетичних засобів і сільськогосподарських машин, придатних для виконання необхідної операції;
- природно-кліматичні умови, в яких буде виконуватися робота (тип ґрунту, попередник, стан і конфігурація поля, довжина гонів, кут схилу тощо).

Згідно з польовою семипільною сівозміною, вирощування ярого ячменю в господарстві проводиться на полях середньою площею 60–70 га, при цьому довжина гонів не перевищує 850 м. Загальна площа, запланована під цю культуру, становить 138 га. Більшість полів мають ґрунти важкосуглинистого механічного складу, а попередником є соняшник. Схили на окремих полях не перевищують 3%.

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

Зважаючи на низьку фактичну врожайність ярого ячменю та аналізуючи основні причини цього, зокрема недотримання технологій вирощування та використання традиційних, руйнівних для ґрунту методів обробітку, нами запропоновано застосування безполицевих знарядь для підготовки ґрунту. Зокрема, доцільним є використання експериментального важкого комбінованого культиватора КПМ-4.

Основними робочими органами культиватора КПМ-4 є важкі культиваторні лапи на жорстких стояках висотою 700 мм та дискові котки з діаметром сферичних дисків 710 мм. Диски розташовані під нульовим кутом атаки відносно напрямку руху, оскільки їх основне завдання – подрібнення ґрунтових брил та мульчування поверхні поля, а не її обертання.

Ширина захвату культиватора становить 4 м. Відповідно до технічної характеристики, максимальне забезпечення агротехнічних вимог за показником інтенсивності кришення ґрунту досягається при робочій швидкості 7–10 км/год.

Для визначення доцільності використання трактора Т-150К або ДТ-75Н як енергетичного засобу, а також вибору оптимальної передачі для ефективної роботи, необхідно провести відповідні розрахунки.

Трактор Т-150К може забезпечувати швидкість до 10 км/год на II та III передачах, а трактор ДТ-75Н – на IV і V передачах.

Для обраних передач визначимо тягове зусилля трактора на гаку $P_{\text{гак}}$ (кН), враховуючи відповідні експлуатаційні умови [5].

$$P_{\text{гак}} = \frac{10^4 \cdot N_e \cdot i_T \cdot \eta_{\text{тр}}}{n_{\text{дв}} \cdot r} - G_{\text{тр}} \cdot (f + i) \quad (3.1)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна ($N_e = 121,4$ кВт);

i_T – передаточне число трансмісії ($i_T^2 = 52,5$; $i_T^3 = 42,7$);

$\eta_{\text{тр}}$ – механічний ККД трансмісії ($\eta_{\text{тр}} = 0,92$);

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

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

r_0 – радіус ведучих коліс дотичний, м (з урахуванням прогину шин із технічної характеристики $r_0 = 0,64$ м);

$G_{\text{тр}}$ – маса трактора, Н ($G_{\text{тр}} = 76000$ Н);

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

i - величина схилів на полі максимальна ($i = 0,03$) ;

$$P_{\text{закТ-150}}^{\text{II}} = \frac{10^4 \cdot 121,4 \cdot 52,5 \cdot 0,92}{2100 \cdot 0,64} - 76000 \cdot (0,19 + 0,03) = 26,90 \text{кН}$$

$$P_{\text{закТ-150}}^{\text{III}} = \frac{10^4 \cdot 121,4 \cdot 42,7 \cdot 0,92}{2100 \cdot 0,64} - 76000 \cdot (0,19 + 0,03) = 18,8 \text{кН}$$

$$P_{\text{закДТ-75}}^{\text{IV}} = \frac{10^4 \cdot 70 \cdot 24,3 \cdot 0,92}{1800 \cdot 0,358} - 61400 \cdot (0,05 + 0,03) = 19,37 \text{кН}$$

$$P_{\text{закДТ-75}}^{\text{V}} = \frac{10^4 \cdot 70 \cdot 20,7 \cdot 0,92}{1800 \cdot 0,358} - 61400 \cdot (0,05 + 0,03) = 15,77 \text{кН}$$

Розрахуємо теоретичну швидкість на обраних передачах

$$v_{\text{T}} = 0,377 \cdot \frac{n_{\text{дв}} \cdot r_0}{i_{\text{T}}} \quad (3.2)$$

$$v_{\text{mT-150}}^{\text{II}} = \frac{0,377 \cdot 2100 \cdot 0,64}{52,5} = 9,65 \text{км / год}$$

$$v_{\text{mT-150}}^{\text{III}} = \frac{0,377 \cdot 2100 \cdot 0,64}{42,7} = 11,86 \text{км / год}$$

$$v_{\text{mДТ-75}}^{\text{IV}} = \frac{0,377 \cdot 1800 \cdot 0,358}{24,3} = 9,99 \text{км / год}$$

$$v_{\text{mДТ-75}}^{\text{V}} = \frac{0,377 \cdot 1800 \cdot 0,358}{20,7} = 11,7 \text{км / год}$$

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

Розрахуємо робочу швидкість ґрунтообробного агрегату, з урахуванням пробуксовування коліс трактора, км/год.

$$v_p = v_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) \quad (3.3)$$

де δ - коефіцієнт пробуксовування ($\delta = 6 \dots 20\%$), при роботі по стерні для трактора Т-150К $\delta = 5 \dots 10\%$ (приймаємо $\delta = 10\%$).

$$v_{pT-150}^{II} = 9,65 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 8,68 \text{ км / год}$$

$$v_{pT-150}^{III} = 11,86 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 10,67 \text{ км / год}$$

Для трактора ДТ-75Н

$$v_{pDT-75}^{IV} = 9,99 \left(1 - \frac{5}{100} \right) = 9,5 \text{ км / год}$$

$$v_{pDT-75}^V = 11,7 \left(1 - \frac{5}{100} \right) = 11,1 \text{ км / год}$$

Згідно даних експериментальних досліджень питомий тяговий опір на 1м ширини захвату комбінованого культиватора з додатковими робочими органами та глибині обробітку 0,20м становить $K_o = 6,0$ кН для робочої швидкості $V = 5$ км/год.

Значення питомого опору при збільшенні робочої швидкості визначається за формулою:

$$K_o^v = K_o \cdot \left[1 + 0,006(v_p^2 - V^2) \right] \quad (3.4)$$

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

$$K_{oT-150}^{vII} = 6 \cdot [1 + 0.006(8.68^2 - 5^2)] = 6,3кН$$

$$K_{oT-150}^{vIII} = 6 \cdot [1 + 0.006(10.67^2 - 5^2)] = 9,1кН$$

$$K_{oDT-75}^{vIV} = 6 \cdot [1 + 0.006(9.5^2 - 5^2)] = 8,35кН$$

$$K_{oDT-75}^{vV} = 6 \cdot [1 + 0.006(11.1^2 - 5^2)] = 9,53кН$$

Розрахуємо робочий опір комбінованого культиватора з урахуванням його конструкційної ширини захвату.

$$R_{вк} = K_o^v \cdot B \quad (3.5)$$

де В – конструкційна ширина захвату агрегату, В=4м

Для трактора Т-150К

$$R_{вк}^{II} = K_o^{vII} \cdot B = 6.3 \cdot 4 = 25.2кН$$

$$R_{вк}^{III} = K_o^{vIII} \cdot B = 9.1 \cdot 4 = 36.4кН$$

Для трактора ДТ-75Н

$$R_{вк}^{IV} = K_o^{vIV} \cdot B = 8.35 \cdot 4 = 33.422,0кН$$

$$R_{вк}^{V} = K_o^{vV} \cdot B = 9.53 \cdot 4 = 38.12кН$$

Отже з усіх розглянутих варіантів, за тяговим зусиллям і при швидкостях передбачених в інструкціях по експлуатації ґрунтообробних знарядь КПМ-4 [3] працездатним є ґрунтообробний агрегат у складі трактора Т-150К при експлуатації його на другій робочій передачі. При цьому його робоча швидкість становитиме

$$v_{pT-150}^{II} = 8,68км / год$$

Визначимо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора за формулою

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

$$\eta_{тз} = \frac{R_{вк}}{P_{гак}} ; \quad (3.6)$$

$$\eta_{тз}^{II} = \frac{R_{вк}^{II}}{P_{гак}^{II}} = \frac{25,2}{26,9} = 0,93 ;$$

Розрахуємо змінну продуктивність агрегату, га/зм

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

де B_p - робоча ширина захвату агрегату, м;

v_p - робоча швидкість;

T_p - робочий час зміни;

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

де $T_{зм}$ - час зміни, ($T_{зм} = 7$ год);

τ - коефіцієнт використання часу зміни (для ґрунтообробних агрегатів рекомендоване значення $\tau = 0,86$);

$$T_p = 7 \cdot 0,86 = 6,02 \text{ год.}$$

За таких умов

$$W_{змT-150}^{II} = 0,1 \cdot 4 \cdot 8,68 \cdot 6,02 = 20,9 \text{ га/ зм}$$

Визначимо розрахункові витрати палива на обробіток одного гектара в кг/га за формулою:

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

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}}; \quad (3.9)$$

де $Q_{\text{зм}}$ – витрати палива за зміну, кг/зм;

$W_{\text{зм}}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{р}} \cdot T_{\text{р}} + Q_{\text{х}} \cdot t_{\text{х}} + Q_{\text{з}} \cdot t_{\text{з}}; \quad (3.10)$$

де $Q_{\text{р}}, Q_{\text{х}}, Q_{\text{з}}$ – відповідно витрати палива за годину під час робочих та холостих ходів, а також на зупинках з працюючим двигуном, кг/год [5]

$t_{\text{х}}, t_{\text{з}}$ – затрачений час на холості ходи та зупинки відповідно з працюючим двигуном, год.

В більшості випадків рекомендовано приймати $t_{\text{х}} = t_{\text{з}}$

$$t_{\text{х}} = t_{\text{з}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{р}}}{2} \quad (3.11)$$

$$t_{\text{х}} = t_{\text{з}} = \frac{7 - 6,02}{2} = 0,49 \text{ год.}$$

Згідно з [5] для трактора Т-150К, при роботі на другій передачі $Q_{\text{р}} = 36,7 \text{ кг/год}$, $Q_{\text{х}} = 21,9 \text{ кг/год}$; $Q_{\text{з}} = 5 \text{ кг/год}$.

Отже витрати палива за зміну становитимуть:

$$Q_{\text{зм}} = 36,7 \cdot 6,02 + 21,9 \cdot 0,49 + 5 \cdot 0,49 = 234,5 \text{ кг/зм}$$

Витрати палива в кг/га становлять:

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

$$Q_{га}^{II} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}^{II}} = \frac{234,5}{20,9} = 11,2 \text{ кг / га} \quad (3.12)$$

За результатами проведених розрахунків можна зробити висновок, що ґрунтообробний агрегат у складі трактора Т-150К і важкого комбінованого культиватора з шириною захвату 4м має більшу продуктивність і менші витрати палива на другій передачі порівняно з тракторами, які працювали при виконанні полицевого обробітку ґрунту (ДТ-75), при цьому є можливість, в разі непередбаченого підвищення тягового опору робочої машини, виконувати обробіток ґрунту на першій передачі.

3.3. Підготовка поля до роботи

Ефективність роботи агрегатів і якість виконання технологічного процесу значною мірою залежать від правильної підготовки поля. Вона передбачає усунення різних перешкод, що можуть заважати роботі агрегату, а також вибір оптимального напрямку та способу його руху. При цьому враховуються вид виконуваних робіт, форма поля, довжина гонів, а також наявність і розмір схилів. Обраний спосіб руху має забезпечувати максимальну ефективність і економічність роботи агрегату, водночас відповідаючи агротехнічним вимогам.

Зважаючи на те, що при основному безполицевому обробітку ґрунту із застосуванням важких комбінованих агрегатів після їх проходу залишається рівна оброблена смуга шириною 4 м без звальних і розвальних борід, найбільш доцільним у цьому випадку є гоновий човниковий спосіб руху з петльовими поворотами.

3.3.1. Розрахунок величини поворотних смуг

При застосуванні гонів способів руху агрегату, на краях поля потрібно залишати смуги для холостих заїздів та поворотів. На ширину поворотної

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

смуги впливають склад агрегату і вид поворотів. В даному випадку, при петльових поворотах, ширина поворотної смуги буде визначатися як

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

де R_{\min} – мінімальний радіус повороту, м (для трактора Т-150К згідно [5]
 $R_{\min} = 5,2\text{м}$)

L_a – кінематична довжина агрегату.

Для причіпного агрегату $L_a = L_{\text{тр}} + L_{\text{м}}$

де $L_{\text{тр}}$ – кінематична довжина трактора ($L_{\text{тр}} = 0,87\text{м}$);

$L_{\text{м}}$ – кінематична довжина машини ($L_{\text{м}} = 3,4\text{м}$).

$$L_a = 0,87 + 3,4 = 4,11\text{м}$$

Отже розрахункова ширина поворотної смуги становить

$$E = 3 \cdot 5,2 + 4,11 = 19,71\text{м}.$$

Передбачається, що ширина поворотної смуги має бути кратною ширині захвату робочої машини, тому приймаємо $E = 20\text{м}$, так як $E = K \cdot B_p$

де K – це коефіцієнт кратності

$$K = \frac{E}{B_p} = \frac{19,71}{4} = 4,92 \approx 5$$

Після заокруглення отримуємо

$$E = 5 \cdot 4 = 20\text{м}$$

3.3.2. Розбивання поля на заїнки

Розміри заїнки визначають тривалість роботи агрегату на ній, зазвичай у межах 2–3 змін. Від цих розмірів залежить скорочення холостих ходів, а також кількість розвальних і звально-розвальних борід при використанні

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

полицевих плугів. У разі можливості човникового руху з петльовими поворотами основним фактором, що впливає на розміри загінок, є загальний час виконання робіт. Для підвищення ефективності можуть одночасно застосовуватися кілька однотипних або подібних за функціональним призначенням машин, для яких поле розподіляється на відповідні загінки.

Для нашого варіанту розмір загінки визначають за формулою:

$$C = \frac{10^4 \cdot (2..3)W_{зм}}{L}, \quad (3.14)$$

де $W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегата.

$W_{зм} = 20,9 \text{га/зм}$ (з попередніх розрахунків)

L – довжина гону, м ($L = 850\text{м}$)

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 20,9}{850} = 737\text{м}$$

Розміри загінки мають бути узгоджені з робочою шириною машини. Розрахуємо необхідну кількість проходів агрегату для обробітку однієї загінки.

$$n = \frac{C}{B_p} = \frac{737}{4} = 184,25 \quad (3.15)$$

Приймаємо $n = 185$ проходів, тоді

$$C = n_n \cdot B_p = 185 \cdot 4 = 740\text{м} \quad (3.16)$$

Кількість загінок визначимо за формулою

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C}, \quad (3.17)$$

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

де F – площа поля ($F = 60$ га);

L – довжина гону ($L = 850$ м);

C – ширина загінки ($C = 740$ м)

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 60}{850 \cdot 740} = 0,95 \text{шт}$$

Отже, розбивати поле на загінки не потрібно так як при розрахованих показниках виконання технологічного процесу поле розмірами 850 x 705 м можна обробити одним агрегатом за одну зміну.

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

Ефективність виробництва продукції рослинництва значною мірою залежить від раціонального поєднання виробничих процесів, максимального використання технічних можливостей тракторних агрегатів і належної організації виконання кожної операції. Операційна технологічна карта містить комплекс правил, що регламентують чітку технологічну послідовність виконання виробничих операцій.

У цій карті вказуються умови роботи та агротехнічні вимоги, порядок підготовки агрегату й поля, спосіб руху, швидкісний режим, продуктивність агрегату, витрати пального, а також контроль якісних показників виконання процесу. Крім того, вона містить такі дані, як тривалість одного циклу, робоча довжина загінки, технічна продуктивність за цикл, кількість циклів за зміну та витрати пального за зміну.

Для розрахунку тривалості одного циклу використовують формулу [5]

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

$$T_{\text{ц}} = \frac{12L_p}{10^2 \cdot \vartheta_p} + 2t, \quad (3.18)$$

де L_p – довжина робочої частини загінки, м;

ϑ_p – робоча швидкість агрегату, км/год;

t – рекомендований час повороту в кінці загінки, хв ($t = 1,5$)

$$L_p = L - 2E, \quad (3.19)$$

де L – довжина загінки, м (з характеристик поля $L = 850$);

E – ширина поворотної смуги, м (з попередніх розрахунків $E = 20$)

Робоча довжина загінки становить

$$L_p = 850 - 2 \cdot 20 = 810 \text{ м}$$

Тоді тривалість одного циклу

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 810}{100 \cdot 8,68} + 2 \cdot 1,5 = 14,19 \text{ хв} \approx 0,23 \text{ год}$$

а технічну продуктивність за один цикл визначають в га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1B_p \cdot v_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau \quad (3.20)$$

Підставивши значення складових, B_p , v_p , $T_{\text{ц}}$, τ з попередніх розрахунків отримаємо

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 4 \cdot 8,68 \cdot 0,23 \cdot 0,86 = 0,68 \text{ га/ц}$$

Кількість циклів за зміну, яку виконує ґрунтообробний агрегат

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

$$n_u = \frac{W_{зм}}{W_u} = \frac{20,9}{0,68} = 30,7 \text{ц / зм.} \quad (3.21)$$

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

Глибина обробітку ґрунту визначається за допомогою лінійки-стержня шляхом вимірювань по діагоналі обробленого поля. Кількість повторних замірів повинна становити від 15 до 25 разів. Допустиме відхилення середнього значення фактичної глибини від заданої становить $\pm 1,5\text{--}2$ см. Якщо вимірювання проводяться одразу після обробітку, середня глибина зменшується на 20 %, а після ущільнення ґрунту – на 10 %. Допустиме відхилення рівномірності глибини обробітку становить 15–20 %.

Ступінь кришення ґрунту визначається методом ситового аналізу на глибину обробітку. Для цього з навіски розпушеного ґрунту певного об'єму за допомогою сита з отворами $\varnothing 50$ мм виділяються частки ґрунту розміром $\varnothing < 50$ мм і $\varnothing > 50$ мм. Потім їхній об'єм або вага порівнюється із загальним об'ємом чи вагою проби, після чого визначається відсотковий вміст цих фракцій.

Гребенистість поверхні обробленого ґрунту визначається за допомогою профілометра або двометрової планки з інтервалом вимірювань кожні 10 см. Планка накладається на поле 10–12 разів, після чого значення висоти гребенів і глибини впадин фіксуються у журналі спостережень. Середня висота гребенів і глибина впадин не повинні перевищувати 6–8 см.

Визначення збереження стерні на поверхні поля здійснюється за однією з методик наступним чином: до початку обробітку поля по діагоналі, з повторністю 10–15 разів, накладається квадратна рамка розміром 1×1 м. З її площі збираються всі рослинні рештки, які зважуються для визначення середньої маси. Після обробітку ґрунту ця процедура повторюється, що дозволяє оцінити рівень збереження стерні. За отриманими значеннями середніх мас визначається відсоток рослинних решток, які залишилися на поверхні поля.

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

після обробітку відносно маси рослинних решток , які були на полі до початку обробітку.

Повнота підрізання бур'янів визначається шляхом поетапного вилучення їх із ґрунту на заданій площі. Підраховується загальна кількість рослин і кількість тих, що залишилися не підрізаними після обробітку. Якщо такі рослини виявляються, визначається їхній процентний вміст від загальної кількості. При цьому не допускається наявність не підрізаних бур'янів.

Суцільність обробітку ґрунту та наявність огрехів оцінюються візуально. Огрехи в процесі обробітку неприпустимі.

На основі проведених розрахунків та обґрунтувань заповнюємо операційну карту, яка представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

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

4. Інженерна частина

4.1. Опис об'єкту розробки

На основі проведеного аналізу існуючих конструкцій безвідвальних ґрунтообробних машин, а також з урахуванням їхніх конструкційних і технологічних переваг, буде здійснено вдосконалення експериментального важкого комбінованого культиватора КПМ-4 (рис. 4.1). Метою цього удосконалення є приведення його конструкції до рівня найкращих вітчизняних та зарубіжних аналогів. Даний культиватор є універсальним знаряддям, придатним для основного та поверхневого обробітку ґрунту. Його конструкція включає раму, причіпний пристрій, механізм переведення з робочого у транспортне положення, систему регулювання глибини обробітку, а також робочі органи.

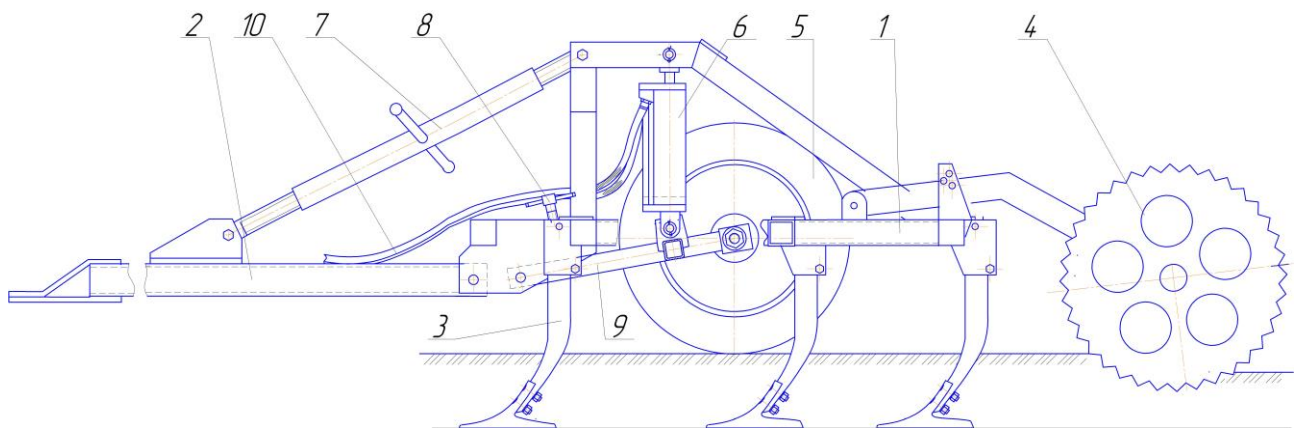


Рис. 4.1. Схема культиватора КПМ-4.

1 – рама; 2 – причіпний пристрій; 3 - важкі культиваторні лапи; 4 - котки дискові; 5 – опорні колеса; 6 – гідроциліндр; 7 - тяга телескопічна; 8 - механізм регулювання глибини; 9 - кронштейн колеса; 10 - гідравлічна система.

Основними робочими органами культиватора є важкі культиваторні лапи з шириною захвату 40 см, закріплені на стійках висотою 0,7 м та розташовані на рамі в три ряди на одному рівні. Для додаткового розпушування верхнього шару ґрунту передбачено використання дискових котків. Відмінною

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

особливістю цих котків є наявність дискових батарей із дисками великого діаметра та значного радіуса кривизни, що запобігає їх забиванню рослинними рештками й забезпечує рівномірне розпушування поверхневого шару ґрунту разом із мульчуванням.

Інтенсивність впливу котків на ґрунт регулюється ступенем стиснення пружин, закріплених на штангах (на схемі не показано). Для цього в штангах передбачено ряд отворів, у які встановлюються пальці з шплінтами для фіксації шайб, на які спирається пружина.

Культиватор КПМ-4 є причіпною машиною, що агрегується з трактором через причіпний пристрій. Глибина обробітку регулюється за допомогою відповідного механізму в діапазоні від 6 до 20 см. Цей механізм конструкційно поєднаний із системою переведення культиватора між робочим і транспортним положеннями та являє собою гвинтову пару, жорстко закріплену до коромисла. До його складу входить опорне колесо, що кріпиться до стійки, яка, у свою чергу, шарнірно з'єднана із рамою. Зміна глибини обробітку здійснюється шляхом регулювання положення гвинта відносно коромисла: закручування гвинта в гайку коромисла зменшує глибину, а відкручування — збільшує. Механізм забезпечує плавне безступінчасте регулювання, що дозволяє швидко й точно змінювати глибину обробітку.

Опорні колеса з гумовим протектором діаметром 760 мм забезпечують утримання рами культиватора в горизонтальному положенні та підтримують задану глибину обробітку ґрунту. При переведенні агрегату в транспортне положення колеса, закріплені на штангах, опускаються вниз під дією гідроциліндра через поперечний брус, забезпечуючи дорожній провіт у 30 см.

Збирання агрегату виконується на рівному майданчику з використанням підйомно-транспортних засобів і спеціального інструменту, що входить до комплекту трактора.

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

Перед початком роботи проводиться обкатка агрегату: спочатку у робочому положенні з мінімальним заглибленням робочих органів, поступово підвищуючи швидкість до 10 км/год, після чого продовжують обкатку протягом однієї години.

Регулювання глибини ходу робочих органів здійснюється на рівному майданчику при заглушеному двигуні трактора та опущеному культиваторі. Під опорні колеса підкладають дерев'яні бруски відповідної товщини, що відповідає необхідній глибині обробітку, після чого за допомогою гвинта через рукоятку регулюють положення до упору гвинта в пластину поперечного бруса.

Агрегат має працювати загінним способом. Наприкінці гону його переводять у транспортне положення, здійснюють розворот, а потім знову повертають у робоче положення.

У разі необхідності досягнення максимальної глибини обробітку важких ґрунтів або за недостатньої тягової потужності трактора слід зменшити ширину захвату, знімаючи крайні робочі органи.

4.2. Обґрунтування модернізації культиватора

Базовий культиватор має кілька недоліків, зокрема недостатню інтенсивність кришення поверхневого шару ґрунту при роботі на важких ґрунтах, а також нагромадження рослинних решток між стояками робочих органів, якими є важкі культиваторні лапи.

Одним із можливих рішень для усунення цих недоліків є встановлення додаткових робочих органів – дискових котків, а також збільшення висоти стояків, на яких кріпляться культиваторні лапи, на 10 см.

Конструкційною особливістю котків є використання дискових батарей із дисками значно більшого діаметра порівняно з більшістю аналогічних котків. Крім того, диски працюють при нульовому куті атаки та мають великий радіус

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

кривизни сфери. Це запобігає їх забиванню рослинними рештками, забезпечує рівномірне розпушування поверхневого шару ґрунту на задану глибину та сприяє ефективному мульчуванню рослинними рештками.

4.3. Технологічний розрахунок важкої культиваторної лапи.

При переміщенні лапи в ґрунті, на заданій глибині понад 10 см, її леза періодично контактують з кореневою системою бур'янів. При цьому, на корінь бур'янів діє сила R , яка дорівнює силі зминання ґрунту. Ця сила розкладається на тангенціальну T , яка діє вздовж леза, та нормальну N сили, тобто $T = R \cos \gamma$; $N = R \sin \gamma$.

Під дією сили T бур'ян може переміщуватися по лезу за умови, коли сила $T > F$,

де F - сила тертя бур'янини по лезу.

$F = fN$, де $f = \operatorname{tg} \varphi$ – коефіцієнт тертя бур'яну по лезу/

Підставивши у рівняння значення T і N , отримаємо:

$$R \cos \gamma > R \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi \quad \text{або} \quad \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) > \operatorname{tg} \varphi \quad (4.1)$$

Звідки $\gamma < 90^\circ - \varphi$

За експериментальними даними [6,7,8] кут тертя бур'яну по лезу можна приймати $\varphi = 45^\circ$, тобто $\gamma < 45^\circ$ (приймаємо наближене до типового значення $\gamma = 32^\circ 30'$)

Кут різання дорівнює сумі кутів: $\beta_0 = \acute{\iota} + \varepsilon$ (рис.4.2),

Де $\acute{\iota}$ – кут загострення, ε – затилочний кут.

$$\beta_0 = 18^\circ + 10^\circ = 28^\circ$$

Якщо кут кришення $\beta \geq 25^\circ$. то загострення леза зазвичай виконують знизу. В такому випадку $\beta_0 = \beta$. [6].

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

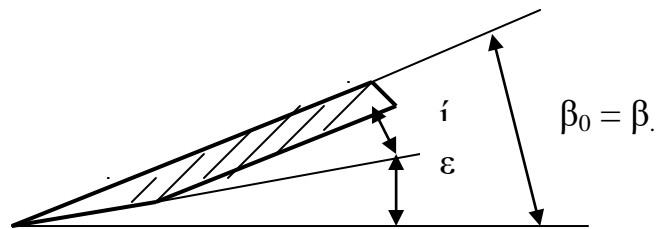


Рис. 4.2. Параметри установки крила лапи до поверхні поля.

Кут підйому грудей лапи α є похідним від значень кутів γ та β , і визначається з їх тригонометричних співвідношень (рис. 4.3):

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma \quad (4.2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 28^{\circ} \cdot \sin 32^{\circ} 30'$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.53 \cdot 0.54 = 0.2862 \rightarrow \alpha = 16^{\circ}$$

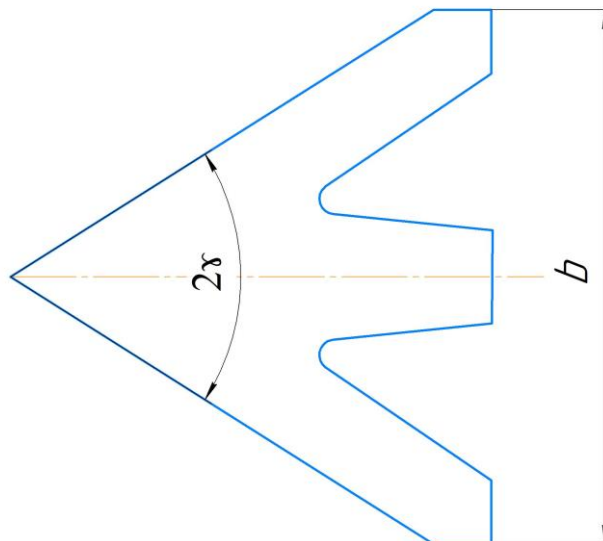
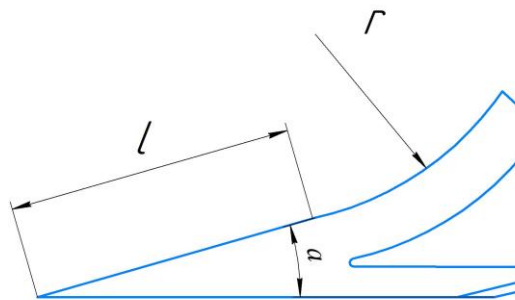


Рис. 4.3. Схема стрілкової лапи з хвостовиком.

Вибір товщини матеріалу лапи S залежить від її ширини захвату B , ширини крила $B=b/2$, глибини обробітку h_0 , типу ґрунтів та механічних властивостей сталі, з якої вона виготовляється. Товщину матеріалу лапи знаходять за емпіричною формулою $S \leq 0,02B$

$$S \leq 0,02 \cdot 420 = 8,4 \text{ мм.}$$

Враховуючи умови роботи та призначення лапи приймаємо товщину матеріалу лапи 10 мм і марку сталі 65Г.

Усі типи робочих органів лап культиваторів кріпляться до стійок і є змінними деталями. Це дозволяє виконувати легко заміну одного типу лап на інший, а також швидко знімати їх при необхідності заточування. Стійки культиваторних лап жорсткого типу.

При проектуванні культиваторної лапи вихідними даними є параметри: ширина захвату B ; кут розхилу 2γ ; кут кришення β ; кут загострення леза i ; ширина крила b_1 та b_2 , товщина матеріалу S ; радіуси закруглення у місцях згину поверхні лапи.

Довжина прямолінійної частини лапи

$$l = e_1 \cdot \sin \beta / \sin \alpha \quad (4.3)$$

$$l = 59 \cdot \sin 28^\circ / \sin 16^\circ = 100 \text{ мм}$$

Розташування лап на рамі культиваторі повинно бути таким, щоб виключалась можливість накопичення між сусідніми лапами бур'яну та ґрунту. Разом з цим обробіток ґрунту повинен бути суцільним і відбуватися без пропусків.

Величина відстані між сусідніми лапами та їх рядами залежить від умов поширення зон деформування ґрунту при контакті з лапами культиватора.

Відстань L_p між рядами лап визначають як:

$$L_p \geq l_3 + L \quad (4.4)$$

де L – величина вильоту лапи.

$$L = r_0(1 - \sin \alpha) + l \cdot \cos \alpha \quad (4.5)$$

$$L = 390(1 - 0.28) + 100 \cdot 0.96 = 380 \text{ мм}$$

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

$$l_3 = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (4.6)$$

φ – кут тертя ґрунту по металу.

Тоді

$$L_p \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L \quad (4.7)$$

$$L_p \geq 200 \cdot \operatorname{tg}(16^\circ + 45^\circ) + 380 = 740 \text{ мм}$$

Можливі граничні значення поширення зони деформування ґрунту у поздовжньому напрямку з урахуванням напрямків його сколювання становлять:

$$L_{p \max} \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi + \omega/2) + L \quad (4.8)$$

$$L_{p \max} \geq 200 \cdot \operatorname{tg}(16^\circ + 45^\circ + 50^\circ/2) + 380 = 3240 \text{ мм}$$

$$L_{p \min} \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi - \omega/2) + L \quad (4.9)$$

$$L_{p \min} \geq 200 \cdot \operatorname{tg}(16^\circ + 45^\circ - 50^\circ/2) + 380 = 525 \text{ мм}$$

де $\omega = 50^\circ$.

Величину перекриття C між лапами визначають з умов забезпечення повного підрізання бур'янів (рис.4.4):

$$C = L_p \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (4.10)$$

де δ - кут максимального відхилення культиватора від прямої лінії під час роботи на полі

$$C = 740 \cdot \operatorname{tg} 8^\circ = 104 \text{ мм}$$

Відстань P між розпушувальними лапами в ряду, при якій забезпечується суцільне розпушування ґрунту становить

$$P \geq B + 2h_0 \cdot \operatorname{tg}(\omega/2) \quad (4.11)$$

$$P \geq 410 + 2 \cdot 200 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ) = 596 \text{ мм}$$

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

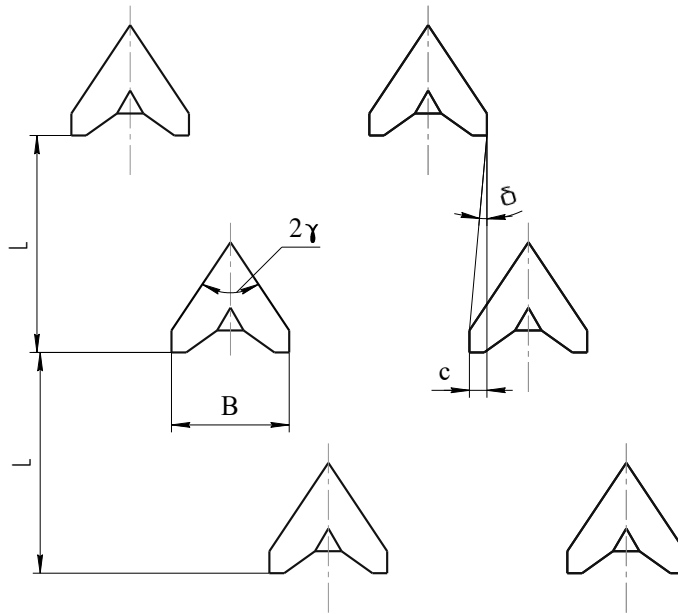
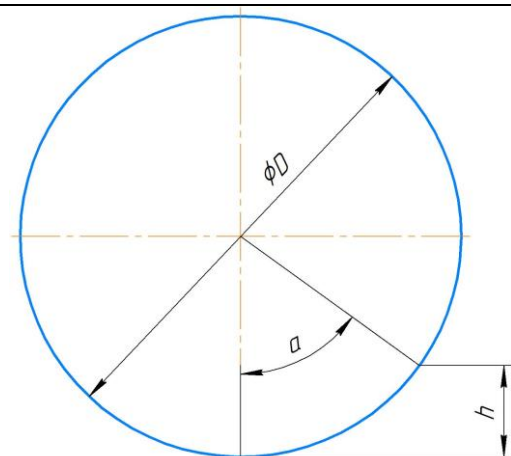


Рис. 4.4. Схема розташування робочих органів на культиваторі в три ряди

4.4. Визначення параметрів котка

Основними параметрами котка є діаметр і ширина (довжина). При виборі діаметр котка, враховують поздовжню деформацію ґрунту. Цього можна досягнути за умови, якщо кут α (рис. 4.5) [6] обхвату котка ґрунтом не буде перевищувати 20° . При цьому накопичення ґрунту перед котком має незначний розмір. При роботі дискових котків, окремі диски повинні проникати в ґрунт на глибину до 10 см, і в такому випадку кут обхвату буде становити близько 75° .

Рис 4.5. Схема до визначення діаметра котка



З рис. 4.5 видно, що

$$\cos \alpha = \frac{D - 2h}{D} = 1 - \frac{2h}{D}, \quad (4.12)$$

де D – діаметр котка;

h – глибина проникнення дисків котка в ґрунт.

Із залежності (4.12) задавши глибину занурення котка і кут обхвату, можна визначити допустимий мінімальний діаметр котка

$$D \geq \frac{2h}{1 - \cos \alpha}. \quad (4.13)$$

$$D \geq \frac{2h}{1 - \cos 20^\circ} = \frac{2 \cdot 100}{1 - 0,707} = 682,5 \text{ мм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення $D=710$ мм.

Ширина захвату котка визначається з урахуванням особливостей рельєфу поля. Для рівнинної місцевості вона становить приблизно 2 м, тоді як для гірських та пересічених територій не перевищує 1 м.

Робочий процес різних типів котків – кільчасто-шпорових, кільчасто-зубчастих, кільчастих, борінчастих і дискових – має певні відмінності. Проте всі вони залишають верхній шар ґрунту розпушеним, а нижній ущільнюють аналогічно до гладенького котка.

Через значні зміни фізико-механічних властивостей ґрунту під час коткування точний розрахунок зусилля на перекочування котка ускладнюється. Дослідники, спираючись на різні передумови, пропонують різні математичні моделі для визначення цього зусилля.

Серед відомих варіантів зусилля P на перекочування гладкого котка можна визначати за формулою

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$P = 0,86 \sqrt[3]{\frac{G^4}{q_0 B D^2}}, \quad (4.14)$$

де G – сила ваги котка, Н;

B – ширина захвату котка, см;

D – діаметр котка, см;

q – коефіцієнт об'ємної деформації ґрунту, Н/см³ ($0,3 < q < 0,5$).

Зусилля перекочування негладкого котка повинно бути дещо більшим:

$$P = 0,86 \cdot 1,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{G^4}{q_0 B D^2}} = 0,86 \cdot 1,3 \cdot \sqrt[3]{\frac{750^4}{0,5 \cdot 100 \cdot 71^2}} = 1200,6 \text{ Н} \quad (4.15)$$

де $k = 1,0 \dots 1,3$ – коефіцієнт, що враховує додатковий опір від деформації ґрунту, яку здійснюють негладкі елементи котка.

Для суцільних кільчастих котків $k = 1,1 \dots 1,2$, для комбінованих – $k = 1,1 \dots 1,3$, для котків, у яких кільця розміщені з деякою відстанню між ними, $k = 1,0$.

Знаючи параметри котка, можна визначити глибину проникнення дисків у ґрунт h :

$$h = \frac{1,3 \sqrt[3]{G^2}}{\sqrt[3]{q_0^2 B^2 D}} = \frac{1,3 \cdot \sqrt[3]{750^2}}{\sqrt[3]{0,5^2 \cdot 100^2 \cdot 71}} = 157 \text{ мм} \quad (4.16)$$

4.5. Кінематичний та силовий аналіз.

4.5.1. Розрахунок механізму переведення культиватора в транспортне положення.

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

Для виконання розрахунків на міцність окремих вузлів та елементів конструкції необхідна інформація про значення сил, що діють на них. Для визначення реакцій на колесах культиватора та серзі причепа скористаємося схемою сил (рис.4.6)

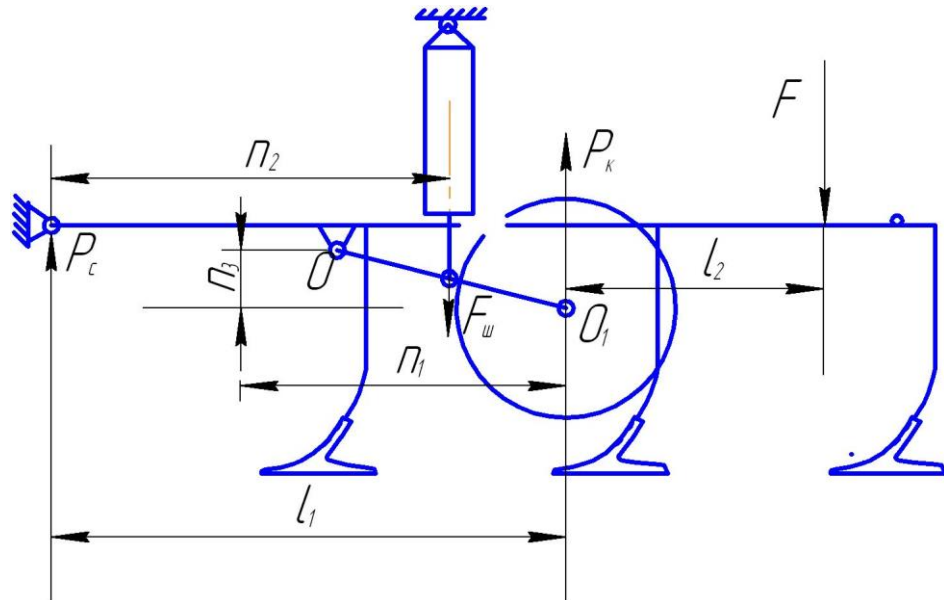


Рис. 4.6. Схема механізму підймання робочих органів культиватора

Рівнодіючу всіх сил, що діють на культиватор визначають як [7,8]

$$F = G + Q + Q_1 \quad (4.17)$$

де G - вага культиватора;

Q – маса ґрунту, який знаходиться на робочих органах;

Q_1 – зусилля, яке витрачено на відділення шару ґрунту від суцільного масиву.

Маса ґрунту, який знаходиться на робочих органах визначається як

$$Q = a \cdot v^2 \cdot \text{ctg} \alpha \gamma \cdot q \cdot n / 2 \quad (4.18)$$

де a - глибина обробітку ґрунту;

v – конструкційна ширина захвату однієї лапи;

n – кількість лап;

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

q – питома вага ґрунту.

Зусилля, яке необхідно для відділення шару ґрунту

$$Q \sim Q_1$$

Таким чином

$$F = G + 2(a \cdot v^2 \cdot \text{ctg} \alpha \gamma \cdot q \cdot n / 2)$$

Підставивши значення, отримаємо

$$F = 1520 + 2(0,20 \cdot 0,42^2 \cdot 1,38 \cdot 1300 \cdot 11 / 2) = 1868,1 \text{ кг} = 18681 \text{ Н}$$

Визначивши рівнодіючу F , розрахуємо реакції на колесах та серзі причепу

$$P_k = F(l_1 + l_2) / l_1 \quad (4.19)$$

$$P_c = F \cdot l_2 / l_1 \quad (4.20)$$

Визначивши довжину плечей з креслень загального вигляду культиватора та підставивши їх значення, у формули, отримаємо

$$P_k = 18681 (2900 + 220) / 2900 = 20098 \text{ Н}$$

$$P_c = 18681 \cdot 220 / 2900 = 1417 \text{ Н}$$

Визначимо зусилля, яке повинно діяти вздовж штока гідроциліндра при переведенні культиватора з робочого в транспортний стан

$$F_{ш} = [(P_k - G_k) \cdot n_1 - P_k \cdot f \cdot n_3] / n_2 \quad (4.21)$$

де G_k – маса двох коліс;

f – коефіцієнт опору перекочуванню колеса, приймаємо $f = 0,15$

Тоді отримаємо

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

$$F_{ш} = [(20098 - 1400) \cdot 0,8 - 20098 \cdot 0,15 \cdot 0,26] / 2,2 = 6443,1 \text{ Н}$$

За отриманим значенням $F_{ш}$ підбираємо для переведення культиватора в транспортне положення гідроциліндр Ц-75х400 з зусиллям виштовхування штока 18500 Н.

Перевіряємо запас зусилля виштовхування

$$\Delta = \frac{18500}{7159,7} = 2,58,$$

що є достатнім для забезпечення надійної роботи механізму переведення культиватора з робочого в транспортне положення.

4.6. Розрахунки на міцність

4.6.1. Розрахунок підшипників котка

Силовий розрахунок підшипників вала котка виконуємо з урахуванням максимально можливого зусилля, яке може діяти на коток.

На підставі попередніх розрахунків та з урахуванням рекомендацій і можливих тимчасових перевантажень дане навантаження буде складати 1500 Н.

Для побудови епюри моментів згину знаходимо реакції опор в точках А і В (рис. 4.7) [9,10]:

$$\sum M_a = 0; \quad P \cdot l_1 - R_B \cdot l = 0;$$

звідки:

$$R_B = \frac{P \cdot l_1}{l} = \frac{1500 \cdot 600}{1200} = 750 \text{ Н}$$

					КПМ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

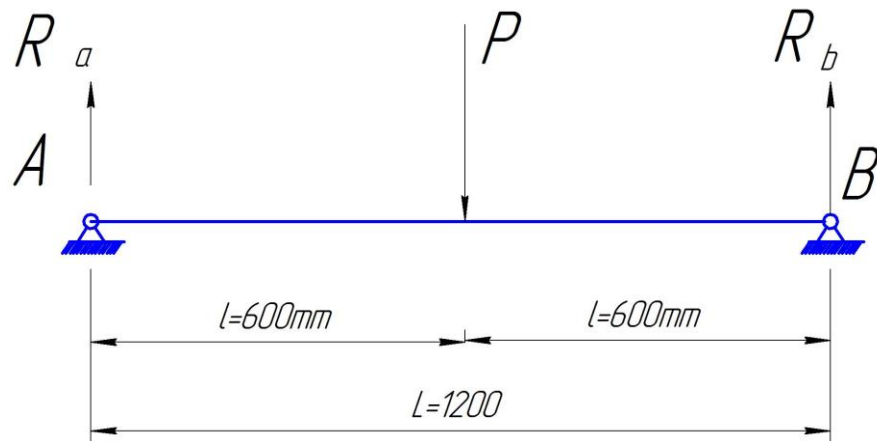


Рис. 4.7. Схема навантаження вала котка.

$$\sum M_B = 0; \quad P \cdot l_1 - R_a \cdot l = 0;$$

звідки

$$R_a = \frac{P \cdot l_1}{l} = \frac{1500 \cdot 600}{1200} = 750 \text{ Н}$$

Перевіримо правильність розрахунків:

$$P - R_a - R_b = 0;$$

$$1500 - 750 - 750 = 0.$$

Таким чином, розрахунки виконано правильно.

Будуємо епюру згинаючого моменту.

$$M_z = P \cdot l_1 = 1500 \cdot 0,6 = 900 \text{ Нм}$$

Визначаємо мінімально допустимий діаметр вала в небезпечному перетині:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_z}{0,1 \cdot [\sigma]_3}}, \quad (4.22)$$

Приймаємо для вала матеріал Сталь 45, для якої $[\sigma]_3 = 100 \text{ кг/мм}^2$.

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

$$d = \sqrt[3]{\frac{900 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 100}} = 31,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр вала під підшипник 30 мм.

$$\text{Тоді } \sigma = \frac{M_3}{W} \leq [\sigma]_3 \quad (4.23)$$

$$W = 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 30^3 = 270 \text{ мм}^3.$$

$$\sigma = \frac{682,5}{270} = 2,52 \text{ кг/мм}^2 < [\sigma]_3 = 100 \text{ кг/мм}^2.$$

Розраховуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{100}{2,52} = 39,6$$

Запасу міцності достатньо для працездатності котка.

Обираємо підшипник кочення 1506 ГОСТ 28428-90 з наступними параметрами:

- внутрішній діаметр $d = 30$ мм;
- зовнішній діаметр $D = 62$ мм;
- ширина $B = 20$ мм;
- статична вантажопідємність $C = 34100$ Н.

За попередніми розрахунками знаходимо необхідну вантажопідйомність

$$C = P(n \cdot h)^{0,3} \quad (4.24)$$

$$\text{де } P = R_A = R_B = 600 \text{ Н}$$

n – частота обертання котка, за попередніми розрахунками $n = 2,2 \text{ с}^{-1}$ або $n = 132 \text{ хв}^{-1}$

h – розрахункова довговічність, годин. Для культиватора ресурс складає 9 років. Середньо статистичний показник для культиваторів складає 250 годин у рік. Тоді $h = 2250$ годин.

Підставивши значення в (4.24), отримаємо:

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

$$C_p = 600 (132 \cdot 2250)^{0,3} = 26301 \text{ Н}$$

Розраховуємо коефіцієнт запасу

$$n = \frac{C}{C_p} = \frac{34100}{26301} = 1,29,$$

якого достатньо для надійної роботи котків.

5. Охорона праці

5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути під час експлуатації модернізованого культиватора КПМ-4.

При експлуатації модернізованого культиватора для обслуговуючого персоналу можуть мати місце наступні небезпечні та шкідливі фактори [11]:

- наявність частин і механізмів, які рухаються та обертаються (дискові котки, механізм піднімання та опускання культиватора, рух самого агрегату);
- небезпека може виникнути при переведенні культиватора із робочого положення в транспортне;
- підвищений рівень запиленості в робочій зоні механізатора;
- наявність гострих кромek та шорстких поверхонь деталей та вузлів машини (кільчасто-шпорові котки, елементи конструкції рами та ін.);
- забивання робочих органів ґрунтом та рослинними рештками;
- небезпека під час технічного обслуговування, пов'язана з використанням паливно-мастильних матеріалів.;
- пожежонебезпека.

5.2. Розробка заходів по покращенню умов праці

Для захисту механізатора від дії можливих шкідливих факторів запропоновані заходи, які виключають дію пилу та газів за рахунок

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

використання пилевідокремлювача, який має бути встановлений в кабіні трактора і очищати повітря.

Агрегат укомплектований футляром для аптечки і аптечкою першої медичної допомоги, термосом для питної води ємкістю 3 л, дзеркалом заднього виду з можливістю регулюванням його положення, пристосуванням для закріплення верхнього одягу механізатора. При дотриманні правил експлуатації рівень звуку зовнішніх шумів не повинен перевищувати 85 дБА.

Вузли культиватора розташовані таким чином, що забезпечує необхідний огляд при роботі і транспортуванні:

- простору в зоні огляду;
- конструкційних елементів і орієнтирів руху (лінії обробленого поля, переднього колеса);
- робочих органів (лап та дисків котків), які вимагають візуального контролю при виконанні обробітку ґрунту;
- причіпних систем трактора і культиватора, які служать для комплектування ґрунтообробного агрегату.

Висновки

Удосконалення існуючої технології вирощування ячменю, яка полягає у зміні способу обробітку ґрунту з полицевого на безполицевий дозволило підвищити продуктивність агрегату на 7,5 га/зм, знизити затрати праці на 73,9 люд.год., а також зменшити витрати пального на 4.53 ц. на 100 га площі.

Використання додаткових робочих органів у вигляді дискових котків для кришення ґрунту сприятиме підвищенню універсальності культиватора, підвищенню надійності, як виконання технологічного процесу так і самої конструкції.

Проведені технологічні, енергетичні та міцнісні розрахунки підтвердили працездатність модернізованої конструкції культиватора.

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

Всі запропоновані заходи, у свою чергу, забезпечать економічний ефект при вирощуванні ячменю завдяки покращенню якості обробітку, підвищенню продуктивності та зниженню собівартості сільськогосподарської продукції.

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

Література

1. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін.; за ред. В.Д. Гречкосія.– 2-е вид. Перероб. і доп.– К.: Урожай, 1991.– 400 с.
2. Інтенсивні технології вирощування зернових і технічних культур / Під ред. А.І.Зінченко и І.М.Карасюка. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1988. – 327 с.
3. Савицький М.І. КПМ-4, КПМ-6, КВК-4. Культиватори причіпні універсальні та їх модифікації. Паспорт та інструкція по експлуатації. м. Кіровоград, вул. Ливарна, 1, 2008
4. О. Гайденко. 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>
5. 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.
6. 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
7. Сисолін П.В., Сало В.М. Свіренєв М.О. Сільськогосподарські машини (практичні заняття) Навчальний посібник. Кіровоград. 2002р. 130с.
8. 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.
9. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник / В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 560 с.
10. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко. К.: Вища школа, 1993. 655 с.
11. Цілинський В.П. Охорона праці в рослинництві.- К.: "Урожай", 1991.

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

ДОДАТКИ

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

