

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувача кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки

_____ Гуменюк.Ю.О.
(підпис) (П.І.Б.)
« ____ » _____ 2026 р.

ВИПУСКНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**на тему «Обґрунтування структури механізованого загону для вирощування сої з
удосконаленням культиватора»**

Спеціальність 208 – «Агроінженерія»
(код і назва)

Керівник випускної бакалаврської роботи

Кандидат технічних наук _____ Лавріненко О.Т.
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)

Виконав _____ Любичч Андрій Віталійович
(підпис) (П.І.Б. студента)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувача кафедри

Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин
та системотехніки

К.Т.Н., доцент _____ Гуменюк Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)

« _____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання випускної бакалаврської роботи студенту

Любич Андрій Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність _____ 208 – «Агроінженерія»
(код і назва)

Тема випускної бакалаврської роботи «Обґрунтування структури механізованого загону для вирощування сої з удосконаленням культиватора» затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026 р. № 510 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 26 травня 2026 р.
(число, місяць, рік)

Вихідні дані до випускної бакалаврської роботи 1. Загальна характеристика господарства, 2. Характеристика культиватора та його робочих органів, 3. Характеристика приводів активних робочих органів с.г. машин, 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що розробляються в проекті), 5. Довідники, підручники, посібники та інші видання, 6. Ресурси інтернет-джерела згідно з темою.

Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Склад машино-транспортного парку для вирощування сої в господарстві; 2. Характеристика культиватора та його робочих органів; 3. Конструктивна частина, розрахунок вдосконалення; 4. Економічна частина (ефективність вдосконалення); 5. Охорона праці.

Перелік графічних документів (за потреби) ілюстраційні матеріали до доповіді випускної бакалаврської роботи (презентація Power Point).

Дата видачі завдання «25» лютого 2026 р.

Керівник випускної бакалаврської роботи _____ Лаврінченко О.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Любич Андрій Віталійович

РЕФЕРАТ

Дипломна робота на тему «Обґрунтування структури механізованого вирощування сої з удосконаленням культиватора» складається з розрахунково-пояснювальної записки обсягом 54 сторінки друкованого тексту. Графічна частина роботи включає презентацію та чотирнадцять креслеників.

У дипломній роботі проведено аналіз технології вирощування сої в умовах господарства ТОВ «Україна-КЛВ», для господарства розроблено конструктивне вдосконалення гідроприводу робочих органів культиватора КПС-4 для суцільного обробітку ґрунту, а також виконано розрахунки основних параметрів гідросистеми, трубопроводів та продуктивності агрегату.

Запропонована конструкція забезпечує активне коливання лапи культиватора, що зменшує тяговий опір машино-тракторного агрегату.

Даний культиватор має ряд переваг перед машинами аналогічного типу: підвищення годинної продуктивності на 0,11 га/год, зниження витрат палива на 0,3 кг за зміну, зменшення пробуксовування тракторних рушіїв з 13% до 9%, і збільшення коефіцієнта корисної дії гідроприводу - 0,97.

Застосування зпроектованої машини дає можливість зменшити витрати праці на виконання культивації, знизити прямі експлуатаційні витрати і збільшити продуктивність агрегату. Очікуваний річний економічний ефект від впровадження розробки становить понад 200 тис. гривень.

Пропонований модернізований культиватор розрахований для застосування у господарствах, що вирощують сою та інші зернові культури, особливо в умовах помірного зволоження на чорноземних ґрунтах.

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА І ЙОГО ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	7
1.1 Загальна характеристика господарства ТОВ «Україна-КЛІВ»	7
1.2 Структура посівних площ господарства	7
1.3 Склад машинно-тракторного парку господарства	8
1.4 Матеріально-технічна база господарства	10
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СОЇ	11
2.1 Вибір поля та сівозміни	11
2.2 Підготовка ґрунту під сою	11
2.3 Весняна культивування	12
2.4 Строки сівби	12
2.5 Спосіб сівби та густина стояння	12
2.6 Сівалка та техніка сівби	13
2.7 Хімічний захист	13
2.8 Підживлення сої	13
2.9 Збирання врожаю	14
2.10 Розрахунок технологічної карти вирощування та збирання сої	14
РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	18
3.1 Конструктивні особливості культиватора	18
3.2 Будова та робота культиватора для суцільного обробітку ґрунту	19
3.3 Робочі органи культиватора	22
3.4 Будова гідروприводу	28
3.5 Класифікація гідроциліндрів	31

3.6 Розрахунок гідропривода лапи культиватора	35
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
4.1 Техніка безпеки при виконанні суцільної культивації	39
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	43
5.1 Визначення продуктивності агрегату.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
ДОДАТКИ	49

ВСТУП

У світі серед бобових культур соя посідає перше місце за масштабами вирощування. В Україні ця культура також набуває стратегічного значення, адже наша держава є одним з ключових постачальників сої до Європейського Союзу, виробляючи понад 6 млн тонн на рік. Завдяки тривалій селекційній роботі світових виробників соя є високорентабельною зернобобовою культурою, а також має велике значення як високопоживне джерело рослинного білка для кормової бази сільськогосподарської худоби. Велику роль відіграє соя в різноманітних сівоzmінах як цінний попередник. Вирощування її вимагає дотримання певних умов, а саме помірного зволоження, тепла та внесення мінеральних добрив.

Сучасний процес вирощування та збирання сої потребує цілого комплексу високопродуктивних сільськогосподарських машин, котрі забезпечують отримання високих врожаїв. Світові науковці та виробники постійно вдосконалюють технології вирощування сої з використанням передового досвіду.

На сьогоднішній день для передпосівного обробітку ґрунту та догляду за посівами сої широко застосовуються культиватори. Зокрема, КПС-4 (культиватор причіпний суцільного обробітку) є одним з найпоширеніших знарядь в Україні завдяки своїй надійності та універсальності. Виробництвом цієї техніки в Україні займається ТОВ «Завод Проммаш» в місті Краматорськ. Цей завод є одним з найбільших виробників ґрунтообробної техніки, і культиватори КПС-4 забезпечують якісне виконання таких важливих операцій у технології вирощування сої, як закриття вологи, суцільний обробіток ґрунту перед сівбою та боронування посівів.

Нові модифікації культиваторів, створені на базі КПС-4, дозволяють вже сьогодні впроваджувати принципово нову систему інтенсивних технологій вирощування сої. Вони агрегатуються з сучасними тракторами класу 1,4...4, забезпечуючи високопродуктивне переозброєння всього ланцюжка від підготовки ґрунту до отримання високих врожаїв.

РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА І ЙОГО ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Загальна характеристика господарства ТОВ «Україна-КЛВ»

Господарство ТОВ «Україна-КЛВ» розташоване в місті Васильків Київської області. Загальна площа земель господарства — 761 га. Воно спеціалізується на вирощуванні зернових і бобових культур. Клімат даного регіону помірно-континентальний. Середньорічна температура повітря тут становить $+7...+9^{\circ}\text{C}$, а влітку — $+18...+22^{\circ}\text{C}$. За рік випадає 500–600 мм опадів а вегетаційний період триває 180–200 днів. Ґрунти в цьому регіоні Київської області переважно чорноземні, котрі мають багато гумусу і добре утримують вологу.

Такі умови є сприятливими для вирощування основних сільськогосподарських культур, включаючи сою соняшник, пшеницю та кукурудзу.

Вирощуючи сільськогосподарські культури, господарство застосовує сівоzmіни. Завдяки цьому земля використовується раціонально та ефективно, підвищується врожайність, а також зменшується поширення бур'янів і хвороб рослин.

1.2 Структура посівних площ господарства

Продуктивність сівоzmін визначається структурою використання ріллі та врожайністю вирощуваних культур. Тому особливої ваги набуває посів площ зернових культур.

В структурі посівних площ на 2025 р (таб. 1.1) в середньому зернові озимі займають -30%, кукурудза -30%, соняшник 25%, бобові 15%.

Отже, структура посівних площ на 2025 рік раціональною та спрямованою на вирощування основних високопродуктивних культур.

Таблиця 1.1

Структура посівних площ та врожайність (на 2025 рік)

Культура	Урожайність, ц/га	Площа посіву, га
Озимі зернові	46,5	400
пшениця	44,1	200
ріпак	3,2	200
Ярі зернові	26,4	161
Соняшник	17,9	160
Кукурудза	100,4	101
Бобові	10,5	100
Всього		761

Найбільшу частину господарських земель займають зернові культури та кукурудза, що забезпечує стабільне виробництво продукції та ефективне використання орних земель.

1.3 Склад машино-тракторного парку господарства

Господарство має машинно-тракторний парк, який включає трактори різних марок, один зернозбиральний комбайн, автомобілі та шлейф сільськогосподарських машин. Склад МТП наведено у таб. 1.2.

Наявний машинно-тракторний парк ТОВ "Україна-КЛВ" є достатнім для своєчасного виконання усіх видів польових робіт відповідно до агротехнічних умов та строків. Сучасна імпортна техніка у поєднанні з вітчизняними агрегатами забезпечує високу продуктивність та економічність виробничих робіт. Вся техніка перебуває у справному стані, завдяки високому інженерному рівню підготовки кваліфікованих кадрів, надійному рівню організації технічного обслуговування в господарстві.

Таблиця 1.2

**Наявність тракторів та сільськогосподарської техніки
у ТОВ «Україна-КЛВ»**

№	Найменування техніки	Кількість на балансі
2	Колісні трактори:	6
3	John Derre 85-30	1
4	John Derre 85-35R	1
5	MTЗ-82	1
6	Lovol	1
7	Manitu	1
8	Комбайн Claas Lexion 770	1
10	Автомобілілі	2
11	Man	1
12	Ford Transit bus	1
13	Сільськогоспадрасрська техніка	11
14	Жниварка зернова Claas V900	1
15	Культиватор КПС-4	2
16	Обприскувач Titan	2
17	Плуг Lemken Diamant 11	1
18	Діскова борона Lemken Heliodor	1
19	Сівалка Horsh	1
20	Котки КЗК-6	1
21	МБУ – 6	2
22	Бочка AGRO	1

1.4 Матеріально-технічна база господарства

Ефективність виробничої діяльності ТОВ «Україна-КЛІВ» значною мірою залежить від стану матеріально-технічної бази, яка забезпечує технічне обслуговування, ремонт техніки та зберігання продукції.

Для підтримання техніки в робочому стані облаштовано механічну майстерню площею близько 180 м², яка включає слюсарно-механічне та зварювальне відділення. Поряд розташований відкритий майданчик для поточного ремонту сільськогосподарських машин. У критому боксі зберігаються трактори і комбайни. Гараж обладнаний системою вентиляції та опаленням у ремонтній зоні.

Для зберігання запасних частин, паливно-мастильних матеріалів, добрив та засобів захисту рослин передбачено склад ПММ місткістю до 40 м³ з резервуарами для ДП та бензину, критий склад мінеральних добрив та засобів захисту рослин (на 150 м²), та ангар для зберігання сільськогосподарської техніки. (на 250 м²).

Для обслуговування персоналу функціонує адміністративно-побутовий корпус із диспетчерською, гардеробними, душовими, кімнатою прийому їжі та кабінетом агронома.

Річний обсяг продукції у ТОВ «Україна-КЛІВ» становить орієнтовно 4..5 тис. тонн умовних зернових одиниць. Для зберігання господарство має три металеві зерносклади місткістю по 800 тонн кожне (загалом 2400 тонн) із системами активного вентилявання та контролю температури, а також склад для насіннєвого матеріалу площею 500 м². Дві зернові сушарки продуктивністю 30 т/год кожна забезпечують післязбиральну обробку зерна.

До складу матеріально-технічної бази ТОВ «Україна-КЛІВ» також входять критий майданчик для відстою техніки, виробничі та складські будівлі, розташовані на огороженій території. Таким чином, існуюча база дозволяє здійснювати повний цикл вирощування, збирання, обробки та зберігання продукції рослинництва.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ СОЇ

Вирощування сої в Україні останніми роками набуло популярності серед малих фермерів та одноосібників. Соя - цінна бобова культура, яка дає високопротеїнове зерно для кормів і харчової промисловості, а також збагачує ґрунт азотом, покращуючи його родючість для наступних культур. Сучасна технологія вирощування сої охоплює комплекс агротехнічних прийомів - від підготовки ґрунту до збирання врожаю. Дотримання цих етапів дозволяє отримувати стабільну врожайність 2-3 т/га і більше навіть у невеликих господарствах.

2.1 Вибір поля та сівозміна

Правильний вибір поля під сою - перший крок до отримання високого врожаю. Соя найкраще росте на родючих ґрунтах. Перерва між посівами на одному полі має становити не менше 2-3 років, оскільки повторні посіви сприяють накопиченню хвороб. Також небажано висівати сою після соняшнику або ріпаку. Якщо іншого варіанту немає, слід заробити поживні залишки та провести фунгіцидну профілактику.

2.2 Підготовка ґрунту під сою

Після збору попередника проводять основний обробіток ґрунту. Його мета - зберегти вологу та створити сприятливе рихле середовище для розвитку кореневої системи сої. У ТОВ "Україна-КЛВ" одразу після збирання стерньових культур (пшениця, ячмінь) виконують лушення дисковою бороною Lemken Heliodor на глибину близько 10 см. Це стимулює проростання падалиці та бур'янів і частково подрібнює поживні рештки. Після появи сходів бур'янів проводять глибоке рихлення або оранку. У господарстві для цього використовують плуг Lemken Diamant 11, який

забезпечує якісну оранку на 25-27 см. Раз на кілька років для руйнування плужної підшви застосовують глибоке розпушування.

2.3 Весняна культивация

Рано навесні, після досягнення ґрунтом фізичної стиглості, виконують закриття вологи легким боронуванням або шлейфуванням. Це руйнує ґрунтову кірку, зменшує випаровування та вирівнює поверхню поля. За потреби навесні додатково вносять сірковмісні добрива. Перед сівбою проводять передпосівну культивацию культиватором КПС-4 на глибину 4-5 см для формування дрібногрудочкуватого посівного шару. Культивацию виконують безпосередньо перед сівбою або в одному агрегаті із сівалкою, щоб уникнути пересихання ґрунту. Після цього одразу переходять до сівби.

2.4 Строки сівби

Соя - теплолюбна культура пізнього строку посіву. Висівати її слід, коли ґрунт на глибині загортання насіння стабільно прогріється до +12...+14 °С. В умовах Київської області оптимальні строки сівби припадають на кінець квітня - першу половину травня. Не варто квапитися з посівом у холодний ґрунт. Запізнення з сівбою також небажане.

2.5 Спосіб сівби та густота стояння

Сою можна висівати як звичайним рядовим способом (міжряддя 15 см), так і ширококородно (45-70 см). У ТОВ "Україна-КЛВ" застосовують вузькорядну сівбу з міжряддям 15 см, що забезпечує краще пригнічення бур'янів і вищу врожайність. Норма висіву становить близько 700 тис. схожих насінин/га. Для розпушування міжрядь у разі потреби використовують культиватори КПС-4.

2.6 Сівалки та техніка сівби.

У господарстві для сівби сої використовують сівалку Horsh (згідно з таблицею 1.2), яка забезпечує рівномірне висівання насіння на задану глибину. Сівалка відрегульована під крупність насіння сої, ширина міжрядь становить 15 см. Оптимальна швидкість руху під час сівби від 5 до 7 км/год. Після сівби проводять коткування кільчасто-шпоровими котками КЗК-6, що покращує контакт насіння з ґрунтом і сприяє дружним сходам. Контроль якості сівби здійснюють постійно: перевіряють глибину, рівномірність розміщення насіння та чистоту сошників.

2.7 Хімічний захист

Система хімічного захисту сої спрямована на зменшення забур'яненості посівів та збереження врожаю. Для боротьби з бур'янами застосовують гербіциди суцільної та ґрунтової дії, які вносяться по посіву або в період вегетації культури. Обробку посівів у ТОВ "Україна-КЛВ" проводять за допомогою обприскувача Titan. Даний обприскувач призначений для якісного внесення гербіцидів та інших засобів захисту рослин. Він забезпечує рівномірне розпилення робочого розчину по поверхні поля, має велику ширину захвату та високу продуктивність, що дозволяє швидко обробляти значні площі посівів.

2.8 Підживлення сої

Соя належить до культур, вимогливих до родючості ґрунту. Для внесення мінеральних добрив у господарстві використовують два розкидачі мінеральних добрив МВУ-6, які забезпечують рівномірний розподіл добрив по полю. Значну частину азоту (до 70%) соя здатна забезпечувати самостійно.

2.9 Збирання врожаю

Соя готова до збирання, якщо близько 95% бобів на рослинах сухі та бурі, насіння тверде і легко висипається при пробному обмолоті, листя повністю опало. Оптимальна вологість зерна для збирання - 12-14%.

У ТОВ "Україна-КЛІВ" збирання сої проводять зернозбиральним комбайном Claas Lexion 770 з жнивркою Claas V900. Комбайн має високу продуктивність, обладнаний системою автоматичного регулювання обмолоту, що дозволяє мінімізувати втрати зерна при збиранні сої. За потреби комбайн налаштовують на зменшення частоти обертання барабана та збільшення зазорів, щоб уникнути дроблення насіння. Після збирання зерно транспортують автомобілем MAN для подальшого очищення та зберігання.

2.10 Розрахунок технологічної карти вирощування та збирання сої

Для обґрунтування комплексу для обґрунтування комплексу машин, необхідного для вирощування і збирання сої у господарстві «ТОВ Україна – КЛІВ», було використано програмне забезпечення кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка НУБІП України, що дозволяє здійснювати підрахунок комплексного машиновикористання.

Як критерій оптимізації виступають приведені затрати на реалізацію кожного технологічного процесу.

Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2

Вихідні дані для розрахунку технології вирощування сої

Площа вирощування, га	100,0
Норма внесення:	
органічних добрив, т/га	0,80
мінеральних добрив, т/га	1,22

Перевезення по господарству, км	5,0
Урожайність, т/га:	2,97 т/га
Опір ґрунту (питомий), кН/м ²	1
Умови роботи агрегатів (перешкоди)	нормальні

У табл. 2.3 наведено технологічну карту вирощування та збирання сої для «ТОВ Україна-КЛВ», де вказано перелік технологічних операцій та комплекси машин.

Таблиця 2.3

Технологічна карта запропонованого складу машин для вирощування сої в «ТОВ Україна-КЛВ»

№	Склад МТА			Кількість			Термін робіт			Показники на 1 га роботи				Площа, га	Обсяг робіт (всього)	Вартість роботи МТА на 1га грн/га	Коеф. Використання МТА	Вартість роботи агрегата на опер., грн
	операція	Енергетичн. засіб	с.г. машина	агрегатів	агр-ів	роб.	початок	дні	год.	продукт	паливо, л	затр. пр-аці, л*год.	прив. затр, грн					
1	Дискування	John Derre 8530	Lemken Heliodor	1	1	1	8,08	2	14	4,4	3,6	0,23	277,90	100	100 га	277,90	0,81	22505,67
2	Навантаж. МД	Manity	A.TOM 22	1	1	1	14,08	2	14	41,2	0,1	0,02	10,26	40	22,4 т	0,92	0,01	0,48
3	Внес. МД	MT3-82	МБУ-6	1	1	1	14,08	2	14	8,1	1,3	0,12	95,10	40	40 га	15,22	0,12	72,01
4	Оранка	John Derre 8530	Lemken Diamant 11	1	1	1	14,08	3	14	1,1	18,6	0,9414	77,60	40	40 га	236,42	0,90	8496,53
5	Навантаж.	Manity	A.TOM 22	1	1	1	18,04	2	10	41,2	0,1	0,02	10,26	60	33,6 т	2,07	0,04	5,06
6	Тран. і внес	Lovol	МБУ-6	1	1	1	18,04	2	10	8,1	1,3	0,12	95,10	60	60 га	34,24	0,37	765,53
7	Мінімал.оброб	MT3-82	КПС – 4	1	1	1	18,04	2	10	3,5	4,4	0,29	381,81	60	60 га	137,45	0,86	7109,5
8	Транс. води	MAN	AGRO	1	1	1	1,05	2	6	25,8	0,3	0,04	21,18	100	81,6 ткм	17,28	0,26	455,52
9	Внесен герб	Lovol	TITAN	1	2	2	1,05	2	6	8,8	1,2	0,11	98,60	100	100 га	98,60	0,48	4695,24
10	Передпос.оброб	MT3-82	КПС – 4	1	1	1	1,05	2	10	3,7	4,5	0,27	353,20	40	40 га	56,51	0,54	1228,52
11	Навантаж.	Manity	A.TOM 22	1	1	1	1,05	2	10	41,2	0,1	0,02	10,26	100	14,0 т	1,44	0,02	2,44
12	Транспортув. НМД	MAN	ЗШ-3	1	1	1	1,05	2	10	56,3	0,0	0,02	7,88	100	68 ткм	5,36	0,06	32,37
13	Сівба	John Derre 8530	Horsh	1	1	1	1,05	3	10	3,1	2,6	0,32	403,06	100	100 га	64,49-	0,65	1675,05
14	Трансп. води	MAN	AGRO	1	1	1	18,05	2	6	25,8	0,3	0,04	21,18	100	81,6 ткм	17,28	0,26	455,52
15	Внес. герб	Lovol	TITAN	1	1	1	18,05	2	6	11,5	0,9	0,09	76,52	100	100га	76,52	0,73	5549,75
16	Збирання сої	Class Lexsion 770	Class V900	1	1	1	1,08	10	10	1,3	13,1	0,77	1420,23	70	70га	695,91	0,38	18736,11
17	Трансп. зерна	MAN	Comandor	3	3	3	1,08	10	10	43,4	20,1	0,42	20,94	50	9200 ткм	641,24	0,76	24273,40

Економічність експлуатації машинно-тракторного парку для запропонованої технології вирощування сої наведено в таб 2.4

Таблиця 2.4

Економічні показники використання машинно-тракторного парку

Капітальні вкладення, тис. грн	6714,9
Приведені затрати, тис. грн	2435,4
Затрати робочого часу, люд*год	4554
Матеріалоємкість, кг	90898
Витрати палива, кг/ум.га	5,79
Загальна витрата палива, кг/ум.га	5,80
Вартість парку, тис.грн	15000,0
Кількість умовних гектарів	761

Отже, технологія вирощування сої є складним і багатокомпонентним процесом, що включає правильний вибір поля, дотримання сівозміни, якісний обробіток ґрунту, оптимальні строки та способи сівби, ефективний хімічний захист і забезпечення рослин необхідними елементами живлення. Виконання всіх агротехнічних заходів у встановлені строки сприяє формуванню високого та якісного врожаю сої. Важливу роль у технології відіграє використання сучасної техніки, що, забезпечує якісне внесення засобів захисту рослин.

Економічні показники свідчать про ефективність використання машинно-тракторного парку в господарстві, що дозволяє зменшити витрати праці, палива та матеріальних ресурсів при вирощуванні культури.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Конструктивні особливості культиватора

Культиватором називають легку сільськогосподарську машину, що використовується для обробки ґрунту. Вона має набір навісних знарядь і здатна виконувати цілий комплекс агротехнічних завдань: від культивації землі та грядок до прибирання картоплі. Залежно від призначення культиватори поділяють на парові (для суцільної обробки ґрунту), просапні (для розпушування ґрунту й винищення бур'янів у міжряддях культур), універсальні (для суцільної та міжрядної обробки), а також культиватори, що забезпечують підживлення рослин і обробку міжрядь із одночасним внесенням мінеральних добрив.

Залежно від потужності та ваги мотокультиватори поділяються на групи. Першу групу утворюють легкі мотокультиватори: вони мають двигуни до 4 к.с., важать до 30 кг і розпушують ґрунт не глибше ніж на 15-18 см. Ці машини ефективно застосовуються як для основної, так і для міжрядної обробки різних культур. Водночас мала вага та порівняно невелика ширина захвату забезпечують їм високу мобільність і зручність під час роботи на маленьких ділянках.

До другої групи, яку називають середньою, належать культиватори масою 50-100 кг та потужністю 5-7 к.с. Порівняно з легкими моделями, середні мають кращу стійкість, що забезпечує більшу зручність під час роботи. Мотокультиватори цієї групи є продуктивнішими. Ширина захвату їхніх фрез значно більша, ніж у легких, однак ця перевага стає недоліком при роботі в обмежених умовах - на малих ділянках та у вузьких міжряддях.

Третю (важку) групу складають культиватори вагою від 100 кг і потужністю від 8 к.с. Вони призначені для професійного використання фермерами та працівниками сільських господарств. Ці моделі здатні працювати

безперервно протягом тривалого часу, а також надають більше варіантів для застосування навісного обладнання, ніж легші культиватори.

На (рис.3.1) показано культиватор КПС-4 який використовується в господарстві при суцільному обробітку ґрунту.

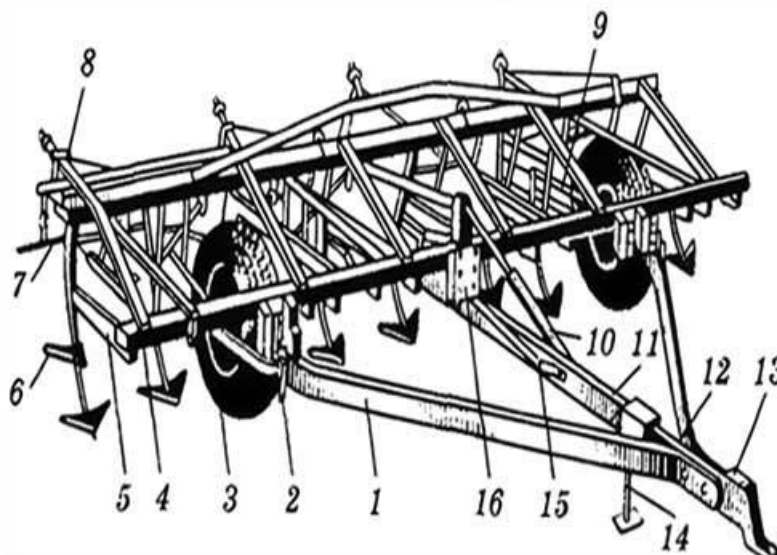


Рис. 3.1 Культиватор причіпний для суцільного обробітку ґрунту КПС-4

1, 12 – бічні бруси сніці; 2 – гвинтовий механізм опорного колеса; 3 – опорне колесо; 4 – рама; 5,9 – гряділі; 6 – робочі органи (стрілчата лапа); 7 – повідець; 8 – начіп для приєднання борін; 10 – гідроциліндр; 11 – сніця; 13 – причіпний пристрій; 14 – підставка; 15 – транспортна тяга

3.2 Будова і процес роботи культиваторів для суцільного обробітку ґрунту.

Культиватори призначені для розпушування верхнього шару ґрунту (на 3-16 см залежно від культури), знищення бур'янів, підгортання рослин та внесення мінеральних добрив. Важкі культиватори типу КП9-3,8А і КТС-10 дають змогу також проводити дрібне розпушування на глибину до 16 см. Ці знаряддя працюють дещо повільніше за дискові борони, проте забезпечують краще збереження вологи в посушливий період, менше пошкоджують структуру ґрунту та підвищують його протиерозійну стійкість. Вони особливо ефективні при підготовці ґрунту під озимі культури. Коли період посушливий,

терміни стислі, а вимоги до якості підготовки поля високі, найкращим вибором стає мілкий обробіток без обертання скиби.

Культиватори класифікують за призначенням та кількістю операцій: вони можуть бути для суцільної чи міжрядної обробки, а також простими або комбінованими. За типом з'єднання з трактором розрізняють причіпні, напівпричіпні та навісні моделі. Культиватор КПЕ-3,8 (розшифровка назви: К - культиватор, П - причіпний, Е - протиерозійний, а цифра 3,8 означає ширину захвату в метрах) використовують для суцільного основного, передпосівного та парового обробітку ґрунту на глибину 5-16 см. Його застосовують у тих ґрунтово-кліматичних зонах, де ґрунти схильні до вітрової та водної ерозії, а також у регіонах із недостатнім зволоженням.

За умов недостатнього зволоження два культиватори агрегатують із тракторами тягового класу 3, використовуючи центральну секцію зчипки СП-16, яка має блокувальний пристрій.

Культиватор КПЕ-3,8 має таку будову: рама, два опорних колеса з пневматичними шинами, гряділі з робочими органами та механізм підйому/опускання робочих органів. Рама виконана зварною і складається з трьох поперечних брусів. До цих брусів у три ряди прикріплено гряділі з робочими органами. Гряділь - це кронштейн, до якого шарнірно (з пружинним підпружиненням) кріпиться стояк із лапою. На кронштейні є упорний болт для регулювання кута входження лапи в ґрунт. Механізм піднімання й опускання робочих органів.

На культиватор КПЕ-3,8 за потреби встановлюють штанговий пристрій, який монтується за заднім рядом стрілочастих лап. До його складу входять: штанга (розміщена в підшипниках на гакоподібних гряділях), кронштейни та механізм передачі. Обертання штанги передається від ходових коліс культиватора.

Широкозахватний протиерозійний культиватор КПШ-10 має конструкцію, подібну до попереднього, і використовується в агрегаті з тракторами 3-го класу.

КПС-4 - це паровий швидкісний культиватор. Його застосовують для суцільного передпосівного розпушування ґрунту на глибину до 12 см, а також для видалення бур'янів на чорних парах разом із боронуванням. Робоча швидкість сягає 3 м/с. Виготовляють у двох версіях - причіпній і начіпній. Один такий культиватор працює в агрегаті з тракторами 0,9; 1,0 та 1,4 тягового класу. Два культиватори з'єднують з тракторами за допомогою зчіпки СГ-ПУ.

Безполицевий обробіток ґрунту, який дедалі більше поширюється в районах півдня та лісостепової зони України, є перспективним з погляду збереження й відродження вітчизняних чорноземів і має безсумнівні переваги порівняно з традиційними технологіями у боротьбі з водною та вітровою ерозією. Крім того, він сприяє накопиченню вологи та відтворенню гумусу. На етапах стабілізації культури господарювання за даною технологією енергоресурсозбереження вресіті-решт знижує собівартість продукції та підвищує конкурентоспроможність вітчизняного виробництва.

Збільшення продуктивності й технологічної ефективності сільгосптехніки, а також зниження питомих витрат енергії та матеріалів на 30-40% можливе за рахунок поєднання кількох технологічних операцій в одній машині, застосування модульно-блочної конструкції, створення багатофункціональних машин і агрегатів, різкого скорочення номенклатури їх марок та значного підвищення надійності. Тому необхідно переглянути підхід до розробки й виробництва МТА, використовуючи високотехнологічні та надійні базові елементи, уніфіковані вузли конструкцій, оптимальні типорозмірні ряди. Це забезпечить необхідний рівень уніфікації, підвищить технічний рівень, зменшить вартість техніки та витрати на її сервісне забезпечення.

Донедавна ґрунтообробними машинами та знаряддями зі змінними робочими органами оснащувалися лише культиватори для міжрядного обробітку, тобто для догляду за культурами на різних стадіях росту. Те, що на одній конструкції тепер можна використовувати різні робочі органи для суцільної обробки ґрунту залежно від технологічної операції, свідчить: за випуском даного типу продукції стоять високотехнологічна інженерія та потужності сучасного наукоємного й фондозабезпеченого виробника, який вийшов на ринок сільгосптехніки

Культиватори серії КПС, побудовані на базі середньої рами (яка визначає їхній транспортний габарит), утворюють лінійку з трьох машин різної ширини захвату зображено на (рис.3.2). На основі кожного типорозміру цієї рами можна змонтувати два типи культиваторів: КПС, обладнаний стрілочастими лапами, та КПЕ, який комплектується плоскорізальними лапами.



Рис. 3.2 Культиватор КПС-4 в роботі

3.3 Робочі органи культиваторів

Культиватор КПЕ застосовують для основної та передпосівної обробки ґрунту з боронуванням після оранки, а також для збереження стерні в боротьбі з ерозією (ві트로вою й водною). Якщо ж у господарстві практикують традиційний обробіток ґрунту, то доцільно використовувати культиватор типу КПС. Він призначений для парового і передпосівного обробітку з боронуванням після оранки або дискуванням під сівбу зернових і технічних культур.

Плоскорізальні лапи зберігають стерню на поверхні, що допомагає боротися з ві트로вою та водною ерозією та зберігати вологу.

Культиватори з КПС використовують для парової передпосівної обробки після оранки, дискування або культивації плоскорізами.

Різні типи робочих органів зменшують прості, розширюють технологічні можливості та підвищують коефіцієнт завантаження обладнання.

Ефективність на засмічених ґрунтах досягається чотирирядним розташуванням лап за глибиною та збільшенням проміжку між гряділями сусідніх лап до ~ 1 м, що майже унеможливає забивання. Це унікальне рішення для вітчизняних машин.

Чотирирядне розміщення збільшує відстань між робочими органами в поздовжньому та поперечному напрямках і уникає їх близькості до коліс (на відміну від старих конструкцій), покращуючи проходження рослинних решток і трави та їх рівномірний розподіл.

Стабільність глибини обробітку (у межах $\pm 1,3$ см) забезпечується раціональним розташуванням опорних коліс на відкидних крилах.

Мінімальне підрізання бур'янів завдяки збільшеному перекриттю лап (200 мм для КПЕ, 100 мм для КПС), що діє навіть при значному зносі лап.

Якість ґрунтової структури - понад 80% грудок розміром 0-25 мм, що створює сприятливі умови для наступних операцій (наприклад, сівби).

Копіювання рельєфу на прийнятному рівні для полів із нерівною поверхнею та значною гребенистістю.

Високозубова борона забезпечує плавне, без утворення купин, стікання рослинних решток завдяки оптимізованим параметрам пальців (аналогів в Україні немає). Вона призначена для вирівнювання ґрунту, дроблення, закриття вологи, рівномірного розподілу трави та поживних залишків, їх змішування з верхнім шаром і створення рівного передпосівного ложа. На відміну від поширених борін БЗС, ця борона має високі зуби (400 мм), які не забиваються рештками.

Регулювання кута атаки лап (нульовий або плюсовий рівень) завдяки ноу-хау, що додатково підвищує довговічність вузлів.

Високі швидкості - робоча до 10 км/год, транспортна до 20 км/год - дозволяють досягати продуктивності на широкозахватних моделях до 100 га за світловий день, що відповідає європейським стандартам.

Транспортна ширина 2,6 м відповідає ПДР і знімає проблеми з далеким транспортуванням дорогами.

Культиватори зручні в експлуатації та обслуговуються одним трактористом. Енергомісткість становить близько 25 к.с. на 1 м ширини захвату, тому моделі з шириною 6-7,1 м добре працюють у агрегаті з тракторами відповідного класу

Згідно з аналізом результатів досліджень, культиватор КПС-КПЕ 9,5 Р4 К2 є економічно ефективнішим за культиватор FG 11,7: прямі експлуатаційні витрати зменшуються на 32,5%, а річний економічний ефект досягає 37 044,15 грн. За підсумками державних випробувань, проведених УкрНДПВТ імені Леоніда Погорілого, інститут рекомендував універсальні широкозахватні культиватори серії КПС-КПЕ для серійного виробництва та застосування в аграрному секторі України.

Підсумовуючи порівняння обох культиваторів, можна дійти таких висновків:

Проведені дослідження засвідчують, що культиватор КПС-КПЕ 9,5 Р4 К2 дещо гірший за аналог як за продуктивністю, так і за економічністю.

Оновлення старого машинно-тракторного парку сучасними універсальними широкозахватними культиваторами серії КПС-КПЕ (виробництво ТОВ "Завод Проммаш") знайде широке застосування в АПК України.

Голчасті диски призначені для руйнування кірки і знищення бур'янів у рядках рослин. Диски мають діаметр 350, 450 і 520 мм. Під час перекату по полю голки заглиблюються в ґрунт до 9 см, руйнують кірку та викидають сходи бур'янів.

Підживлювальні ножі призначені для розпушення ґрунту і одночасного внесення твердих мінеральних добрив. Підживлювальний ніж складається з розпушувальної долотоподібної лапи та тукопроводу, прикріпленого безпосередньо до лапи.

Штанговий робочий орган культиватора - це сталевий штанг квадратного перерізу, який заглиблюється в ґрунт на задану глибину і під час роботи обертається, розриваючи корені бур'янів, виносячи їх на поверхню та одночасно розпушуючи верхній шар ґрунту без його перевертання. Штанг обертається у напрямку, зворотному обертанню коліс культиватора, і обробляє ґрунт на глибину 4-10 см.

Полотьні зуби призначені для одночасного оброблення захисних зон і міжрядь. Зуби виготовлені у вигляді стрижнів круглого перерізу 275 мм завдовжки із загостреними кінцями. Своєчасний обробіток захисних зон полотьними лапами дає змогу знищувати до 72 % однорічних бур'янів.

Розрізняють дві системи кріплення робочих органів до рам культиваторів: жорстку і шарнірну.

За жорсткої системи робочі органи нерухомо кріпляться безпосередньо до рами культиватора або до додаткових поперечок і не можуть вільно

переміщатися відносно рами, а також копіювати поверхню поля. Вони змінюють своє положення лише разом з рамою.

За шарнірної системи робочі органи з рамою з'єднані рухомо, і кожний окремий робочий орган або група їх переміщується у вертикальній площині відносно рами. (рис. 3.3).

Таке вільне переміщення дає можливість робочим органам копіювати рельєф поля, забезпечувати більш рівномірну глибину обробітку.

Розрізняють одношарнірні (радіальні), індивідуально-повідцеві та секційні і багатошарнірні (паралелограмні) системи з'єднання робочих органів з рамою.

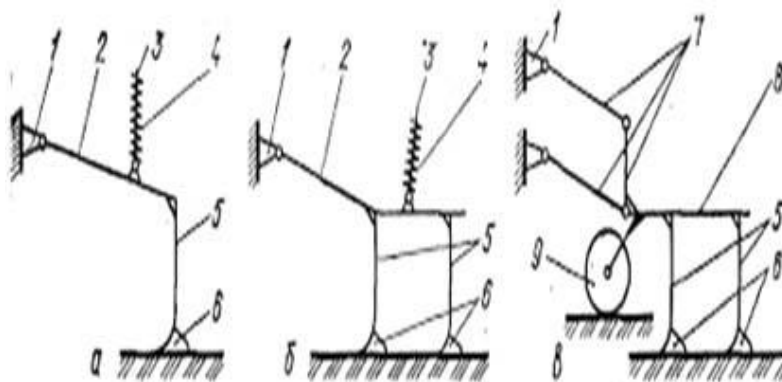


Рис. 3.3 Схеми кріплення робочих органів культиватора:

а - радіальна індивідуально-повідцева; б - радіальна секційна: в паралелограмна; 1 - поперечний брус рами, 2 – повідець, 3 – штанга, 4 – пружина, 5 – стояки, 6 – лапи, 7 - паралелограмний механізм, 8- гряділь, 9 - опорне колесо.

Радіальна індивідуально-повідцева система кріплення це система, за якої до повідця, шарнірно приєднаного до рами культиватора, кріпиться один робочий орган. Радіальна секційна система кріплення передбачає кріплення до шарнірно закріпленого повідця кількох робочих органів (секцій).

Паралелограмна система кріплення це система, за якої гряділь (секція) з робочими органами і опорним колесом кріпиться до бруса рами паралелограмним механізмом

Стрілчасті універсальні лани застосовують для передпосівного обробітку ґрунту і міжрядного обробітку просапних культур на глибину до 12 см. Ширина захвату лап 220...330 мм. Лезо лапи заточують знизу під кутом на 10-12 градусів. На (рис 3.4) показані робочі органи культиваторів.

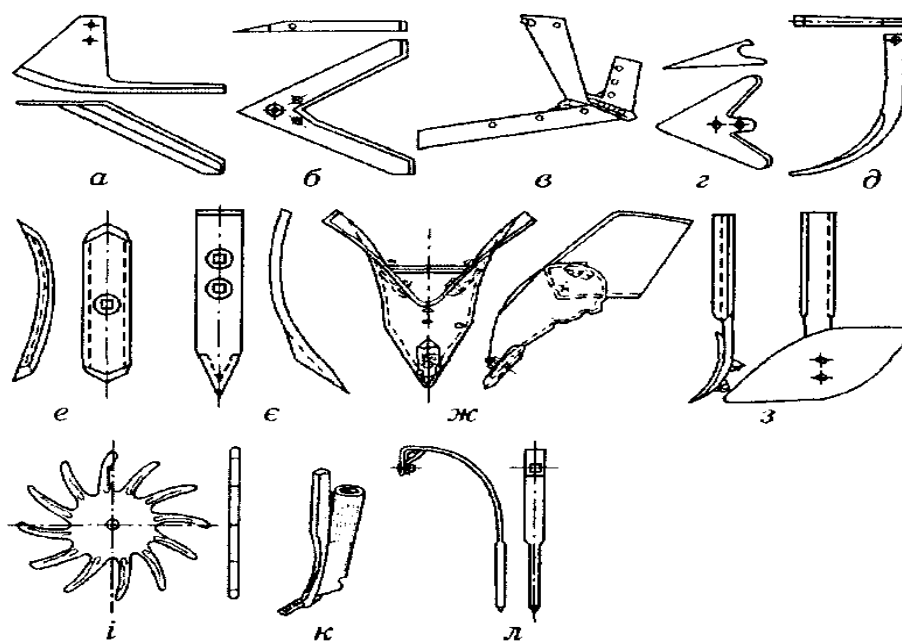


Рис. 3.4. Робочі органи культиваторів:

а - однобічна лапа; б - стрілчаста лапа без хвостовика; в - плоскорізальна лапа; г- стрілчаста універсальна лапа; д -долотоподібна лапа; е-розпушувальна оборотна лапа; є-списоподібна лапа; ж- підгортач; з -лапа-полиця; і -голчастий диск; к- підживлювальний ніж; л -подольний зуб

Розпушувальні долотоподібні лапи призначені для розпушення ґрунту на глибину до 16 см без вивертання на поверхню нижнього шару ґрунту. Використовуються для міжрядного обробітку посівів цукрових буряків та інших культур. Лапа виготовлена як одне ціле зі стояком, який має прямокутний переріз, а в нижній частині загнутий і загострений у вигляді долота. Ширина долота - 20 мм.

Розпушувальні оборотні лапи призначені для розпушення ґрунту з обох боків. При спрацюванні одного кінця лапу можна повернути на 180°. Лапи кріплять як до жорстких, так і до пружинних стояків.

Лапи з жорсткими стояками застосовують для передпосівного або міжрядного обробітку окремих культур.

Лапи з пружинними стояками використовують для вичісування кореневищних багаторічних бур'янів при суцільному обробітку.

Ширина лап - 45-55 мм, глибина обробітку - до 12 см.

Списоподібні лапи призначені для розпушення ґрунту і знищення кореневищних багаторічних бур'янів. Лапа загострена з одного кінця у вигляді списа і кріпиться до стояка двома болтами. Глибина обробітку - до 16 см.

Лапи-полиці використовуються для підгортання картоплі та інших культур. Полиці підрізують бур'ян, розпушують ґрунт у міжряддях і відкидають частину ґрунту на захисну зону до куща, присипаючи бур'ян.

Підгортачі призначені для підгортання картоплі, капусти та інших культурних рослин, а також для нарізування поливних борозен. Підгортач складається з полиці, до якої знизу прикріплено наральник, крила, що піднімають ґрунт і змішують його в обидва боки.

Наральник розрізує ґрунт, полиця - розпушує його, а положення крил відносно полиці можна регулювати. Підгортачі також застосовують для формування гребенів заввишки до 25 см.

3.4 Будова гідроприводу

Існуючі культиватори суцільного обробітку ґрунту оснащені робочими органами, які жорстко закріплені на повідках, що приєднані до рами машини. Такі робочі органи під час руху здатні лише копіювати рельєф поверхні ґрунту у вертикальній площині та не виконують активних рухів, необхідних для руйнування ґрунту. Це, в свою чергу, не дозволяє зменшити тяговий опір

машинно-тракторних агрегатів та підвищити продуктивність їх роботи, що є суттєвим недоліком розглянутих конструкцій.

Метою розробки є вдосконалення приводу робочого органу сільськогосподарської машини для забезпечення його активного руху, що дасть змогу знизити тяговий опір машинно-тракторного агрегату.

У запропонованій розробці робочий орган культиватора закріплений на повідку, приєднаному до рами машини, має у верхній частині з'єднаний з ним гідроциліндр, олива до якого надходить з гідросистеми трактора через золотниковий пристрій з електромагнітним керуванням, сигнали до якого надходять з блоку керування, а сам робочий орган шарнірно приєднується до повідка.

На рис. 3.5 представлено запропонований привод робочого органу культиватора.

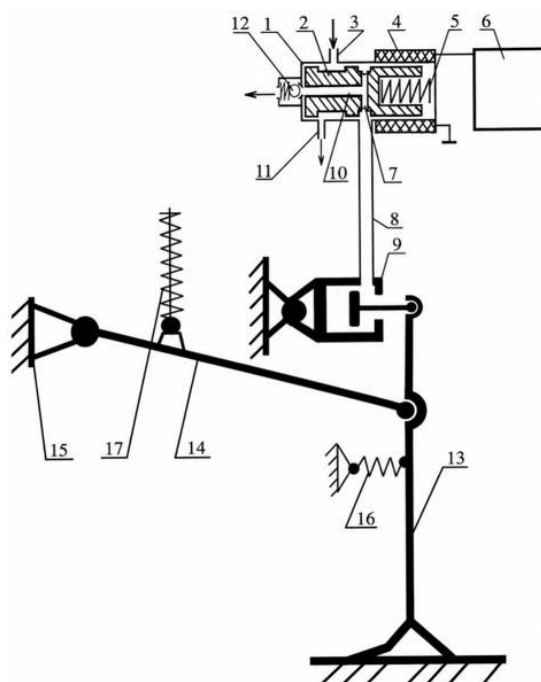


Рис 3.5 Привод робочого органу культиватора

1– Корпус, 2 – золотник, 3 і 8 – трубопровід, 4 – електромагніт, 5,16,17 – пружина, 6 – блок керування, 7 – радіальний канал, 9 – гідроциліндр, 10 – осьовий канал, 11 – зливний трубопровід, 12 – зворотний клапан, 13 – робочий орган, 14 – повідок, 15 – поперечний брус.

Привод складається з золотникового пристрою, що має корпус 1 і золотник 2. Золотник рухається в корпусі 1 під дією електромагніту 4 і пружини 5.

В розподільник олива надходить з гідросистеми трактора через трубопровід 3. Коли золотник знаходиться в нейтральному положенні (лівому), під дією пружини олива видаляється з розподільника на злив через трубопровід 11.

До гідроциліндра 9 олива надходить по трубопроводу 8 через проточку золотника при його переміщенні в робоче (праве) положення електромагнітом. Роботою електромагніта керує електронний блок керування 6.

З гідроциліндра олива видаляється через радіальний 7, осьовий 10 канали золотника і зворотний клапан 12.

Шток гідроциліндру приєднано до верхньої частини робочого органу 13 машини. Сам робочий орган шарнірно з'єднано з повідком 14, який опирається на поперечний брус 15 рами машини.

У передньому положенні робочий орган переміщається за рахунок пружини. Для копіювання поверхні поля в вертикальній площині повідок навантажено пружиною.

Привод працює наступним чином: при роботі машино-тракторного агрегату олива з гідросистеми трактора через трубопровід 3 надходить до золотникового пристрою. Якщо золотник знаходиться в нейтральному положенні, олива з порожнини корпусу 1 зливається через трубопровід.

При переміщенні золотника в робоче положення електромагнітом олива з каналу 3 через проточку золотника і трубопровід потрапляє в надпоршневую порожнину циліндра. Шток циліндра, переміщуючись у заднє положення до упору, повертає лапу проти годинникової стрілки відносно шарніру повідка 14, розтягуючи пружину.

У нейтральне положення золотник переміщається пружиною, коли зникає сигнал на електромагніт з блоку керування. Олива з гідроциліндра через

трубопровід, радіальний та осьовий канали і зворотний клапан видаляється на злив. При цьому пружина 16 повертає лапу у переднє положення. Далі цикл повторюється.

Частота спрацювання електромагніта задається блоком керування.

Таким чином, коливання лапи забезпечує активне руйнування ґрунту, що зменшує тяговий опір машино-тракторного агрегату.

Культиватор обладнується декількома золотниковими пристроями і виконавчими гідроциліндрами, які приводять в дію секції культиватора.

На листі 1 графічної частини показана схема культиватора з розміщенням робочих гідроциліндрів. Вузол кріплення гідроциліндра до рами культиватора наведено на листі 4.

На листі 3 графічної частини показано збірне креслення золотникового пристрою, а на листі 5 його деталювання.

Для того, щоб установка золотникових пристроїв не впливала на роботу інших агрегатів гідросистеми трактора, олива до них подається через клапан ділення потоку. Клапан може бути встановлений як на самому насосі гідросистеми, так і на напірному трубопроводі, що з'єднує насос і розподільник. Збірне креслення клапану представлено на листі 6. Схема гідросистеми трактора приведена на листі 2 графічної частини проекту.

Важливим елементом гідроприводу є гідроциліндри. Вони не повинні мати великі габарити і виконувати покладені на них функції.

3.5 Класифікація гідроциліндрів

Гідравлічним циліндром називають об'ємний гідродвигун, вихідна ланка якого має обмежений зворотно-поступальний рух.

Залежно від конструкції робочої камери розрізняють такі типи гідроциліндрів: поршневі, плунжерні, телескопічні, тандем-циліндри, мембранні та сильфонні.

Поршневим гідроциліндром називають циліндр, у якому робочі камери утворені внутрішніми поверхнями корпусу та поверхнями поршня зі штоком.

Конструкція гідроциліндра передбачає наявність двох порожнин: поршневої порожнини, обмеженої робочими поверхнями корпусу та поршня; штокової порожнини, обмеженої поверхнями корпусу, поршня та штока.

Поршневі гідроциліндри класифікують за наступними ознаками: за напрямом дії робочої рідини - одnobічної дії та двобічної дії; за кількістю штоків - одноштокові та двоштокові; за типом вихідної ланки - зі штоком та з рухомим корпусом.

У гідроциліндрах одnobічної дії вихідна ланка під дією потоку робочої рідини переміщується лише в одному напрямку. Зворотний рух відбувається під впливом зовнішніх сил, наприклад, сили тяжіння виконавчого органу, зусилля пружини тощо.

У гідроциліндрах двобічної дії рух вихідної ланки в обох напрямках здійснюється під дією потоку робочої рідини.

Гідроциліндри з двома штоками застосовують у випадках, коли необхідно забезпечити однакові зусилля та швидкість штока в обох напрямках.

Гідроциліндри з рухомим корпусом використовують переважно у варіаторах молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів.

У всіх поршневих гідроциліндрах для герметизації рухомих з'єднань встановлюються ущільнювальні кільця.

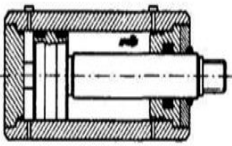
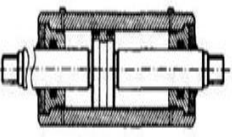
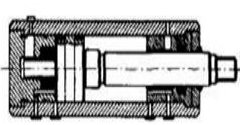
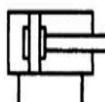
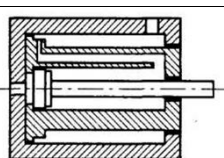
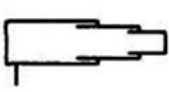
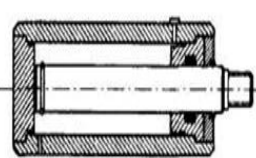
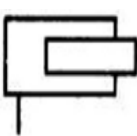
Класифікація гідроциліндрів наведена в таблиці 3.1.

Для приводу робочих органів сільськогосподарських машин, найбільш широко застосовуються поршневі гідроциліндри двобічної дії одnobічним штоком (рис. 3.6).

Для зменшення втрат тиску діаметри прохідних отворів в кришках циліндра для підвода робочої рідини призначають із розрахунків, щоб швидкість рідини складала в середньому 5 м/с, але не вище 8 м/с

Таблиця 3.1

Класифікація гідроциліндрів

Гідроциліндр	Конструктивна схема	Умовне позначення	Призначення
1	2	3	4
Двосторонній одноштоковий.			Рух подачі для інструмента та оброблювальної деталі, затискні пристрої
Двосторонній двоштоковий			Рух стола у шліфувальних верстатах
Двосторонній одноштоковий гідроциліндр			Рух значних мас, для запобігання ударів у кінці ходу
Телескопічний гідроциліндр (односторонній)			Забезпечення ходів значно більших від довжини циліндра
Плунжерний гідроциліндр (односторонній)			Робочий хід під час прямого ходу, зворотній хід під дією вантажу

Жорсткий удар поршня об кришку гідроциліндрів попереджують демпфери (гальмівне пристосування). Принцип дії більшості з них аснований на запиранні невеликого об'єму рідини у порожнинах циліндра витіснення й через канали малого діаметру при переміщені поршня. На (рис. 3.7) представлені типові схеми демпферних пристроїв.

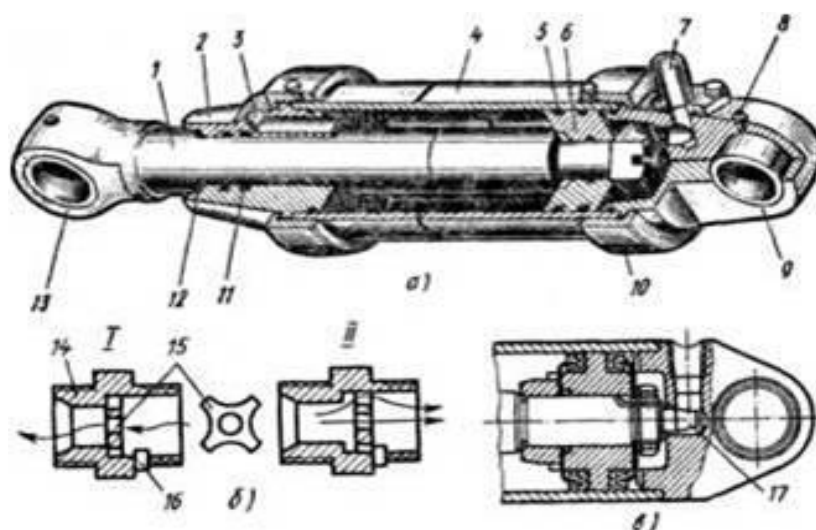


Рис. 3.6 Будова гідроциліндра: а – загальний вид, б – вповільнюючий клапан, в – демпфер; 1 – шток, 2,9 – кришки, 3,7 – свердління для подачі оливи, 4 – корпус, 5,11 – манжети, 6 – поршень, 8 – оливниця, 10 – гайка, 12 – брудознімач, 13 – головка штока, 14 – уповільнюючий клапан, 15 – шайба, 16 – штифт, 17 – хвостовик; I – схема роботи при опусканні відвала, II – те ж при підйомі.

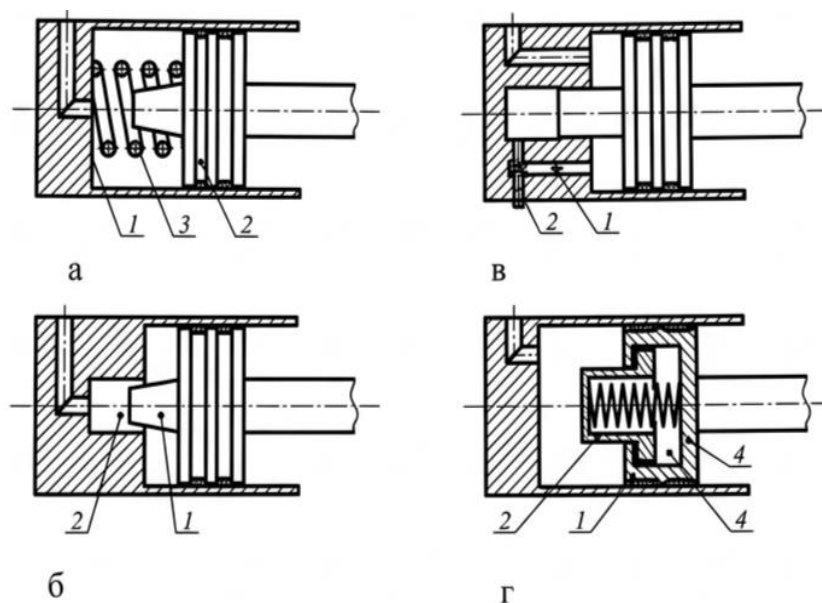


Рис. 3.7. Принципові схеми демпферів: а - пружинний демпфер; б - демпфер з штоком; в - демпфер з регулюємим отвором; г - гідравлічний демпфер.

Пружинний демпфер (рис. 3.7 а) являє собою пружину 1, встановлену на внутрішній стороні кришки циліндра 2. Пружина гальмує поршень 3 в кінці ходу.

Демпфер з штоком (рис. 3.7 б), являє собою короткий шток 1 і виточку 2 в кришці циліндра. Шток може мати конічну або циліндричну форму. В кінці ходу поршня рідина запирається штоком в виточці кришки циліндра і витісняється з отвору через вузьку кільцеву щілину. Якщо шток виконаний у вигляді конуса, то ця щілина зменшується по мірі досягнення поршнем кінця свого ходу.

При цьому опір руху рідини збільшується, прискорення і швидкість руху поршня зменшується.

Регульований демпфер з отвором (рис. 3.7 в) по принципу дії аналогічний попередньому. Конструктивна різниця полягає в тому, що закрита у виточці кришки циліндра рідина витісняється через канал 1 малого перерізу, в якому встановлена голка 2 для регулювання прохідного перерізу отвору.

Гідравлічний демпфер (рис. 3.г) застосовується в тому випадку, коли конструкцією гідроциліндра не можуть бути передбачені виточки. В гідравлічному демпфері в кінці ходу поршня стакан 1 впирається в кришку циліндра, а рідина витісняється з порожнини 2 через кільцевий зазор між стаканом 1 і поршнем 3. Пружина 4 повертає стакан в вихідне положення при холостому ході поршня.

Для запропонованої гідросистеми вибираємо гідроциліндри односторонньої дії діаметром 40 мм. Збірне креслення гідроциліндра показане на листі 4 графічної частини.

3.6 Розрахунок гідропривода лапи культиватора

Дані для розрахунку гідропривода лапи культиватора будуть наступними: умовна схема гідропривода, максимальний хід штока (L) гідроциліндра,

зусилля штока $F_{ш}$ (на виштовхування), діаметр гідроциліндра (D), Для розрахунку необхідно врахувати гідроциліндри в кількості 4 шт.

Тривалість операції підраховуємо наступним чином:

Об'єм гідроциліндрів визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot i \quad (4.1)$$

$$Q = (3,14 \cdot 0,04^2) / 4 \cdot 0,02 \cdot 4 = 5,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

При номінальному тиску насосу НШ-32-2 який становить 14 МПа $\cdot 138 \cdot 10^6$ Па потужність гідропривода буде дорівнювати:

$$N_{пр} = Q \cdot P_{ном} \quad (4.2)$$

$$N_{пр} = 5,18 \cdot 10^{-5} \cdot 138 \cdot 10^6 = 7279 \text{ Вт} = 7,4 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається на циліндр:

$$N_{пр} = \frac{7,4}{4} = 1,8 \text{ кВт}$$

Якщо зусилля на штоці буде порядку 500 Н то швидкість поршня буде становити:

$$V_n = N_p / F_{ш} \quad (4.3)$$

$$V_n = \frac{1800}{500} = 3,6 \text{ м/с},$$

Тривалість операції t : с

$$t = L_n / V_n; \quad (4.4)$$

$$t = 0,02 / 3,6 = 0,003 \text{ с}$$

Розрахунок трубопроводів включає гідравлічний розрахунок та розрахунок на міцність.

У процесі гідравлічного розрахунку визначають внутрішній діаметр трубопроводу за формулою:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_p}} \quad (4.5)$$

де Q – розрахункова продуктивність насоса, $\text{м}^3/\text{с}$:

V_p – частота переміщення робочої рідини, $\frac{\text{м}}{\text{с}}$: $V_p = 4 \text{ м/с}$;

$$d_{\text{BH}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5,2 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 4}} = 0,004 \text{ м},$$

Олива до гідроциліндра подається по трубопроводу з діаметром 4 мм.

Визначимо товщину стінки трубопроводу:

$$\delta = P_{\text{max}} \frac{d_{\text{B}}}{2 \cdot [\sigma] p}, \quad (4.6)$$

де P_{max} - тиск спрацювання запобіжного клапана, МПа. (Приймаємо

$$P_{\text{max}} = 17,6 \text{ МПа});$$

$[\sigma]$ – максимально розрахункове напруження на розрив, МПа (Приймаємо в межах $[\sigma] p = 200 - 500 \text{ МПа}$).

$$\delta = 17,6 \cdot \frac{0,004}{2 \cdot 200} = 0,0002 \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки $\delta = 1 \text{ мм}$.

Наступним кроком визначаємо зовнішній діаметр у трубопроводі:

$$d_3 = d_{\text{BH}} + 2\delta, \text{ м} \quad (4.7)$$

$$d_3 = 0,004 + 2 \cdot 0,002 = 0,006, \text{ м}$$

Проведемо перевірочний розрахунок гідропривода, щоб встановити величину втрат тиску робочої рідини.

Визначимо середню частоту переміщення рідини:

$$V_p = 4 \cdot Q_{\text{НОМ}} / \pi \cdot d_{\text{BH}}^2, \text{ м/с} \quad (4.8)$$

$$V_p = 4 \cdot 0,00053 / 3,14 \cdot 0,004^2 = 4,1 \text{ ;м/с}$$

Дізнаємося число Рейнольдса за формулою:

$$R_e = V_p \frac{d_{\text{BH}}}{u}, \quad (4.9)$$

де u – опір переміщення робочої рідини, $\text{м}^2/\text{с}$. $u = 50 \cdot 10^{-6}; \text{м}^2/\text{с}$

$$R_e = 4 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-2}}{50 \cdot 10^{-6}} = 320$$

Визначимо значення коефіцієнта опору тертя для ламінарної течії рідини в жорстких трубах:

$$\lambda = \frac{75}{R_e} \quad (4.10)$$

$$\lambda = 0,23$$

Знайдемо втрати тиску на подолання гідравлічного опору на прямих ділянках потоку:

$$\Delta P_{\text{ш}} = \frac{\lambda L V^2 \rho}{2 d_{\text{вн}}}, \quad (4.11)$$

де L – довжина трубопроводу, м: $L = 6$ м

ρ – густина оливи: $\rho = 890$ кг/м³;

$$\Delta P_{\text{ш}} = \frac{0,24 \cdot 6 \cdot 4,1^2 \cdot 890}{2 \cdot 0,004} = 0,26 \text{ МПа}$$

Місцеві падіння тиску:

$$P_{\text{м}} = \frac{V_p \cdot \rho \cdot \Sigma \varepsilon}{2}, \text{ Па} \quad (4.12)$$

де ε – коефіцієнт місцевого опору; в нагнітальній магістралі маємо два штуцери $\varepsilon = 0,1 \dots 0,15$ і пряме коліно з $\varepsilon = 1,3 \dots 1,5$.

$$\Sigma \varepsilon = 2 \cdot 0,13 + 2 \cdot 1,4 = 3,04;$$

$$\Delta P_{\text{м}} = 4,1^2 \cdot 890 \cdot 3,04 / 2 = 0,22, \text{ МПа}$$

Падіння тиску в гідроапаратах:

$$\Delta P_{\text{с}} = \frac{V_p^2 \rho \Sigma \varepsilon}{2}, \text{ Па} \quad (4.13)$$

$$\Delta P_{\text{с}} = 4,1^2 \cdot 890 \cdot 3 / 2 = 0,22, \text{ МПа}$$

Основне падіння тиску в гідроприводі:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{ш}} + \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{с}}, \quad (4.14)$$

$$\Delta P = 0,27 + 0,21 + 0,22 = 0,7 \text{ МПа},$$

ΔP в напірному трубопроводі складає 4% від номінального (допускається 10%). Отже, гідропривод спроектовано оптимально.

Так само розраховуються падіння тиску у лінії зливу гідропривода. Основна величина втрат буде сягати 2,4 МПа.

Для визначення коефіцієнта корисної дії гідравлічної системи скористаємося формулою:

$$\eta_{\text{г}} = (P_{\text{ном}} - \Delta P) / P_{\text{ном}} \quad (4.15)$$

$$\eta_{\text{г}} = (140 - 2,4) / 140 = 0,97$$

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки при виконанні суцільної культивациї

Безпека трудової діяльності - це комплекс заходів і засобів різного характеру як правового, соціально-економічного, організаційно-технічного, санітарно-гігієнічного та лікувально-профілактичного, які впроваджуються задля збереження життя, здоров'я та здатності людини виконувати роботу під час її професійної активності.

Фізичні шкідливі та небезпечні виробничі фактори поділяються на ті, що пов'язані з технологією виробництва а саме. Пересувне обладнання, механізми, машини, а також їхні рухомі елементи, деталі, заготовки, матеріали, що знаходяться в русі, задирки та гострі краї; занадто високий або низький нагрів поверхонь пристроїв чи матеріалів, електрична напруга вище за допустиму і сильний вплив статичної електрики.

І ті, що стосуються якості повітря в робочих зонах такі як; сильна загазованість або запиленість повітря довкола працівника, несприятливий мікроклімат, надмірний шум, ультразвук, вібрація на робочій позиції, слабка освітленість робочого простору тощо.

Розробка та виготовлення культиватора мають відповідати технічним умовам на продукцію, а також чинним стандартам (ГОСТ 12.2.008-75 і ГОСТ 12.3.002-75).

При цьому: геометрія та взаємне розташування вузлів повинні уможлиблювати безпечне й комфортне складання, подальше використання та ремонт агрегату, кожна складальна одиниця вагою більше 30 кг обов'язково постачається стропувальними пристосуваннями, до місць для змашування необхідно забезпечити безпечний доступ, ці зони, як місця кріплення стропів, забарвлюються у відтінок, який різко відрізняється від основного кольору виробу. Культиватори додатково оснащуються підставкою, що утримує їх у

стійкому положенні після від'єднання від трактора, а також надійною фіксацією для транспортного режиму.

Під час експлуатації агрегату слід неухильно виконувати такі заходи безпеки:

Виконувати мастильні роботи, регулювання та підтяжку різьбових з'єднань дозволяється винятково при повному знерухомленні техніки, а також коли робочий орган знаходиться на ґрунті або встановлений на стійку опору.

Піднімати чи опускати ґрунтообробне знаряддя, а також здійснювати повороти тягача можна тільки після того, як оператор упевниться, що поряд із технікою немає посторонніх осіб.

При регулюванні кута різання та нахилу дискових секцій обертати батарею дозволяється лише за зовнішню шайбу на осі. Категорично забороняється торкатися робочих дисків руками без захисних рукавиць, а також проводити збирання секцій без них – це запобігає травмуванню верхніх кінцівок.

Механізатор зобов'язаний пройти інструктаж із питань безпечної експлуатації обладнання.

Забороняється перебування людей на рамі культиватора під час його транспортування до місця робіт.

Порядок дій для приведення культиватора в робочий стан:

1. Приєднати культиватор до трактора.
2. За допомогою верхньої ланки навісної системи виставити вертикальне положення замка авточіпного пристрою за умови, що культиватор лежить на землі.
3. За допомогою гідравлічного механізму трактора підняти культиватор, зафіксувати опорну стійку у крайньому отворі, після чого опустити знаряддя на цю стійку.

4. Для налаштування необхідного кута атаки дисків слід обертати батарею, доки потрібні отвори на нерухомій опорі та плиті дискових секцій не збігатимуться.

5. Щоб установити потрібний кут нахилу дискових батарей, треба повертати регулювальні кронштейни, поєднуючи необхідні отвори на цих кронштейнах із нерухомими плитами.

6. Через маслянки подати мастильний матеріал у вузли тертя дискових секцій.

7. Повністю затягнути всі різьбові кріплення.

Загальні положення щодо роботи машино-тракторного агрегату у складі з культиватором для суцільного обробітку ґрунту.

Експлуатація культиватора має здійснюватися суворо згідно з агротехнічними нормативами. Під час використання агрегату необхідно керуватися такими правилами:

Основний робочий рух культиватора виконується за умови, що начіпна система трактора переведена у режим вільного плавання.

Розвертати трактор на кінці гони дозволяється лише після підйому робочих органів у транспортне положення.

Категорично забороняється використовувати задню передачу трактора, коли дискові батареї перебувають у заглибленому стані.

У процесі роботи слід регулярно видаляти ґрунт, що налипає з внутрішньої сторони дисків.

Основними регулювальними операціями є налаштування кута атаки дисків, кута розвороту батарей, величини люфту батарей та ступеня стиснення пружного амортизатора.

Вимоги перед початком зміни: До керування агрегатом допускаються працівники віком від 18 років, які мають чинне посвідчення тракториста-машиніста не нижче другого класу.

Механізатор зобов'язаний пройти інструктаж з охорони життя та здоров'я.

У випадках роботи з насінням, що пройшло хімічне протруювання, обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту.

Перед запуском техніки слід переконатися в надійності фіксації всіх вузлів агрегату та справності функціонування гідравлічної системи.

Забороняється присутність будь-яких осіб у зоні можливого руху агрегату.

Не дозволяється розсипати мінеральні добрива або розливати паливо-мастильні матеріали під час заправних робіт.

Необхідно проконтролювати повноту комплектації та якість затягування всіх гайок і кріплень культиватора.

Перевірити наявність та справний стан передбаченого інструментарію.

Забезпечити змащення всіх вузлів тертя культиватора згідно з картою мастил.

Правила під час виконання технологічного процесу.

Стежити за коректною роботою дискових батарей, періодично звільняти їх від ґрунтових налипань.

Регламент періодичного обслуговування культиватора.

Кожні 30 днів експлуатації необхідно нагнітати солідолом згідно з регламенту (ГОСТ 1033-79) у вкладиші підшипників дискових батарей. Оливу подають за допомогою шприца через прес-маслянку до моменту, поки свіжа олива не почне виступати по краях вкладишів.

Час від часу варто перевіряти якість затяжки всіх різьбових з'єднань, приділяючи особливу увагу гайкам.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Визначення продуктивності агрегату

Під продуктивністю агрегатів розуміють кількість якісної виконаної роботи за одиницю часу. Цей показник вважається одним із найважливіших критеріїв ефективного застосування техніки в сільському господарстві.

Існує два види продуктивності; це – теоретична яка не враховує вплив конструктивної ширини захвату агрегату, зміни швидкості руху через буксування та використання часу зміни. І технічна (або дійсна), яка враховує технічні можливості агрегату та реальні значення зазначених елементів продуктивності.

У даному випадку слід визначити технічну годинну продуктивності агрегата за допомогою формули:

$$W_T = 0,1 \cdot B_K \cdot \beta \cdot V_p \cdot \tau, \text{ га/год}, \quad (5.1)$$

де β – показник ефективності використання паспортної ширини захвату:

$$\beta = 0,95$$

V_p – експлуатаційна швидкість агрегату:

$$V_p = V_T \cdot (1 - \delta/100), \text{ км/год} \quad (5.2)$$

δ – пробуксовування тракторних рушіїв: 13% – стандартне виконання робочих процесів агрегата; 9% – застосування техніки, оснащеної приводними робочими елементами.

V_T – розрахункова швидкість агрегату під час культивації $V_T=8$ км/год

τ – показник ефективності використання змінного часу залежно від довжини гони 300 м

$$\tau = 0,72;$$

$$W_{T1} = 0,2 \cdot 4 \cdot 0,93 \cdot 8 \cdot \left(1 - \frac{13}{100}\right) \cdot 0,73 = 1,89 \text{ га/год},$$

$$W_{T2} = 0,2 \cdot 4 \cdot 0,93 \cdot 8 \cdot (1 - 9/100) \cdot 0,73 = 2 \text{ га/год},$$

Збільшення продуктивності сягає 0,11 га/год.

Визначення паливних витрат.

Кількість палива, що витрачається на одиницю виконаної роботи протягом однієї зміни визначемо за формулою:

$$Q = Q_p \cdot T_p / W_{зм}, \text{ кг},$$

де T_p – період виконання роботи з навантаженням упродовж зміни:

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau,$$

$$T_p = 8 \cdot 0,71 = 5,76 \text{ год},$$

Q_p – питома витрата пального на одиницю робочого навантаження, кг/год: $Q_p = 10 \text{ кг/год}$;

$W_{зм}$ – динаміка робочої виробітки агрегату: $W_{зм1} = 10,85 \text{ га}$;

$$W_{зм2} = 11,52 \text{ га};$$

$$Q_1 = 10 \cdot \frac{5,78}{10,8} = 5,3 \text{ кг},$$

$$Q_2 = 10 \cdot \frac{5,79}{11,59} = 5,0 \text{ кг}.$$

Проведені попередні розрахунки підтверджують доцільність та ефективність використання гідроприводу. Остаточну оцінку результативності і впровадження запропонованої конструкції можна буде визначити після проведення подальших випробувань.

Для кращого розуміння доцільності і ефективності використання даної конструкції в таблиці 2.4 наведено експлуатації машинно-тракторного парку для запропонованої технології вирощування сої.

Розрахунок технологічної карти вирощування та збирання сої показав ефективність запропонованого комплексу машин для «ТОВ Україна – КЛВ». Використання даної технології забезпечує своєчасне виконання робіт, раціональне використання ресурсів та отримання запланованої врожайності сої.

Таблиця 2.4

Економічні показники використання комплексів машин

Капітальні вкладення, грн/га	4444.92
Приведені затрати, грн/га	1839,58
Затрати робочого часу, люд.год	295,02
Матеріалоємкість, кг/га	30,94
Витрати палива, кг/га	66,76
Коеф. використання комплексів машин	0.47

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник. - Київ: Каравела, 2014. - 400 с.
2. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. - Київ: Агроосвіта, 2015. - 648 с.
3. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф. Машини для обробітку ґрунту та сівби. - Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. - 296 с.
4. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1. Машини для рільництва. - Київ: Урожай, 2001. - 384 с.
5. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва. - Київ: Урожай, 2002. - 416 с.
6. Кириченко Р.В., Бакум М.В., Пастухов В.І. Сільськогосподарські машини. Частина 1. Книга 2. Культиватори: навчальний посібник. - Харків: ХНТУСГ, 2024. - 180 с.
7. Дударєв Ю.І. Ефективність використання сільськогосподарської техніки: монографія. - Тернопіль: Крок, 2019. - 268 с.
8. Ромащенко М.І., Савченко Ю.І. Гідравлічні системи сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. - Київ: НУБіП України, 2020. - 312 с.
9. Коновалова В.Ю., Шевченко І.А. Економічна та енергетична ефективність вирощування сої за різних технологій обробітку ґрунту Вісник аграрної науки. - 2023. - № 5. - С. 34-41.
10. Войтовик М.В., Панченко О.В., Цюк О.А., Міщенко Ю.Г. Енергетична ефективність агротехнологій короткоротаційних сівозмін. Наукові доповіді НУБіП України. - 2023. - № 5 (105). - С. 1-12.

11. Войтовик М.В., Панченко О.В., Примах І.Д., Цюк О.А. Порівняльна оцінка агрофізичних властивостей ґрунту за різних технологій обробітку в сівозміні Наукові доповіді НУБіП України. - 2023. - № 6 (106). - С. 1-14.

12. Томницький А.А., Грановська Л.М., Лиховид П.В. та ін. Вплив обробітку на агрофізичні властивості ґрунту та продуктивність культур в умовах зрошення Степу України Зрошуване землеробство. - 2024. - Вип. 1. - С. 23-31.

13. Терещенко А.С., Тарабріна А.-М.М. Продуктивність зернових та зернобобових культур за ресурсозберігаючої технології вирощування в Південному Степу України Український чорноморський аграрний науковий журнал. - 2025. - Т. 29, № 1. - С. 72-83.

14. Демиденко О.В., Головач І.В., Троханяк О.М., Вітвіцький С.В. Дослідження енергетичної ефективності сільського господарства Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2024. - Вип. 2 (121). - С. 45-53.

15. Шевченко М.С., Литвиненко М.А. Системи основного обробітку ґрунту в короткоротаційних сівозмінах півдня України Таврійський науковий вісник. - 2020. - № 115. - С. 52-62.

16. Бабенко М.Г. Технології вирощування сої: монографія. - Дніпро: Січ, 2021. - 280 с.

17. Ковальов О.А., Стеценко В.Г. Обґрунтування параметрів робочих органів ґрунтообробних машин Техніка і технології АПК. - 2022. - № 3. - С. 28-34.

18. Лісовий М.І. Експлуатаційні показники машинно-тракторних агрегатів: навчальний посібник. - Кропивницький: ЦНТУ, 2021. - 196 с.

19. Мельник В.І., Пришляк В.М. Гідрооб'ємні приводи в сільськогосподарському машинобудуванні Вісник ХНТУСГ. - 2023. - № 212. - С. 67-75.

20. Ніколаєнко С.А., Карпуша В.Д. Сучасні технології обробітку ґрунту в Україні: стан та перспективи. - Київ: Аграрна наука, 2022. - 244 с.

21. Рудь А.В., Олійник О.О. Ефективність застосування стрічкового обробітку ґрунту при вирощуванні сої Агроінженерія. - 2024. - № 2. - С. 33-41.

22. Слюсаренко О.О. Теоретичні основи проектування сільськогосподарських машин: підручник. - Миколаїв: МНАУ, 2020. - 328 с.

23. Тіщенко Л.М., Харченко О.С. Динаміка навантажень на робочі органи ґрунтообробних машин Науковий вісник ТДАТУ. - 2023. - Вип. 13. - С. 56-64.

ДОДАТКИ

[illegible]

[illegible]

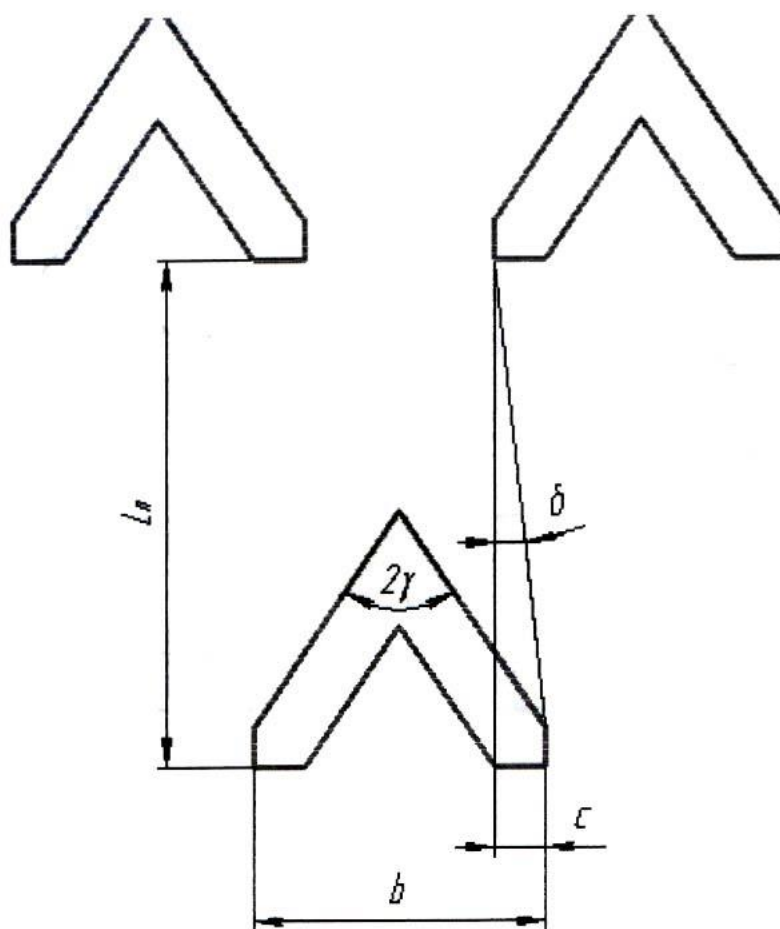


Рис.1. Схема розміщення подільних лап культиватора:

L_n - відстань між рядами лап по ходу культиватора; b - ширина захвату лапи; 2γ - кут розкриття леза лапи; c - значення перекриття зон дії лап; δ - кут відхилення культиватора від прямолінійного руху.

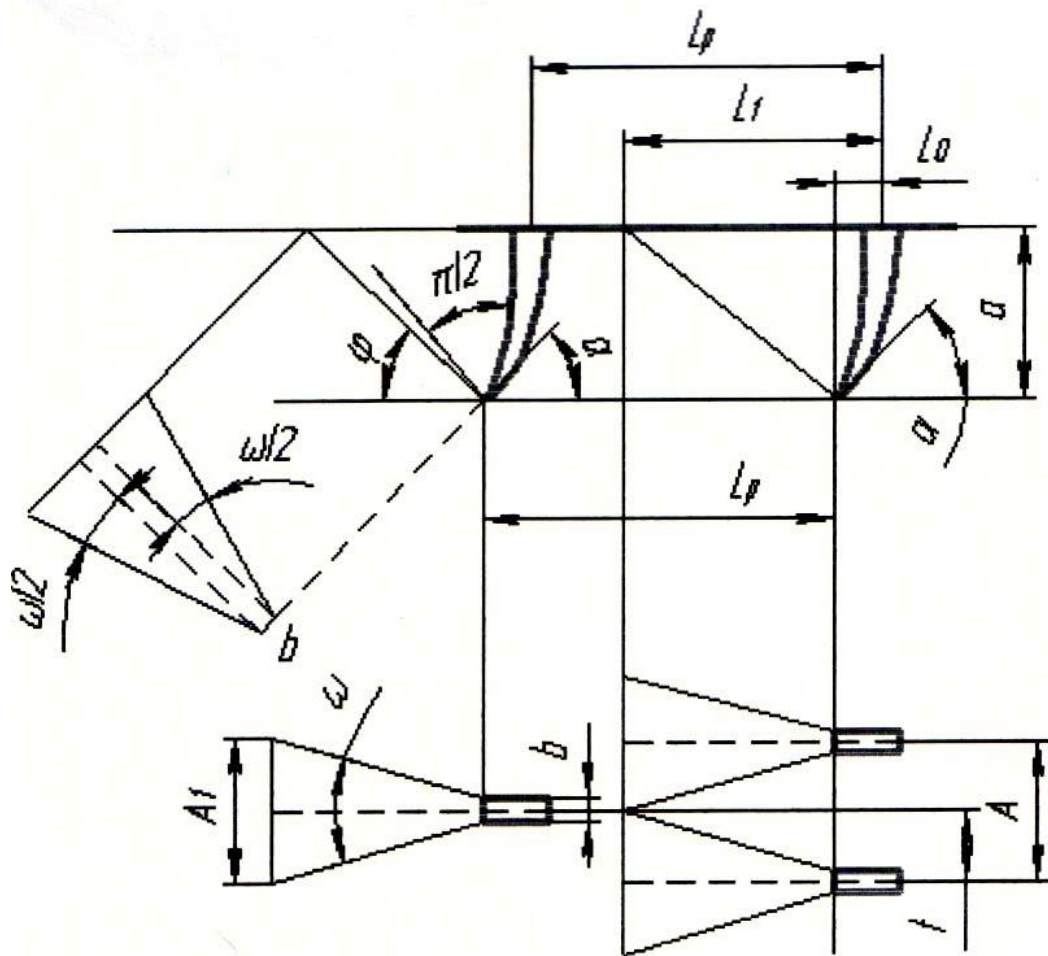


Рис.2. Схема розміщення розпушувальних лап:

a – максимальна глибина обробітку; l_0 – виліт носка лапи; b – ширина лапи; A – відстань між лапами в ряду; A_1 – ширина зони деформації ґрунту; L_p – відстань між рядами лап; φ – кут тертя; ω – кут сколювання ґрунту; ρ – кут встановлення лапи; L_1 – довжина зони деформації ґрунту; t – відстань між слідами лап.

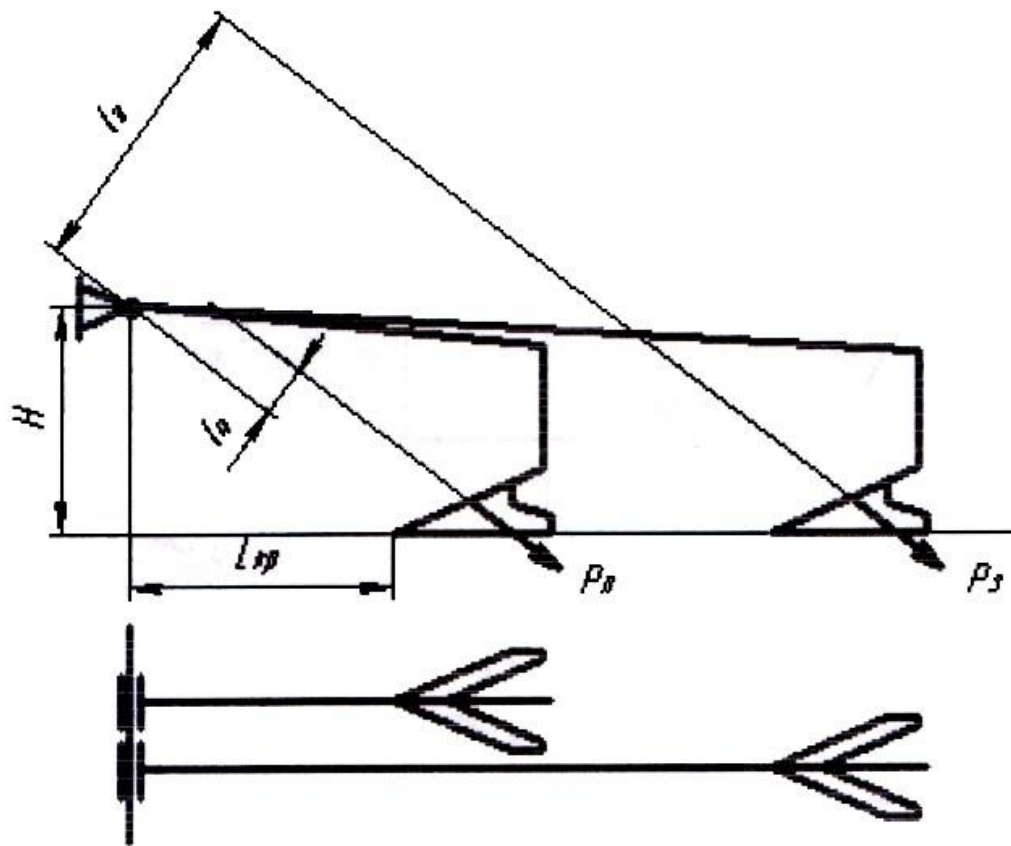


Рис. 3. Схема взаємодії тягового та опорного зусиль кріплення робочих органів до рами:

P_0 і P_5 – рівнодійні сили опору передніх і задніх робочих органів; l_0 і l_1 – плечі сил P_0 і P_5 ; H – висота розміщення шарніра кріплення поздовжніх лап культиватора відносно опорної поверхні; L_0 – відстань від носка передньої лапи до шарніра кріплення поздовжніх лап.