МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно - технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«____» _____2025р.
Т.в.о. зав.кафедри агроінженерії,
к.т.н.,доцент
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ А.В. Войтік
(підпис) (ініціали, прізвище)

Дипломний проєкт

перший (бакалаврський)
(освітній рівень)

тема проєкту « Удосконалення технології обробітку ґрунту з модернізацією конструкції культиватора »

Виконав
студент 3 курсу, групи 32 – к - ім
Освітньої програми бакалавра
спеціальності Н7 «Агроінженерія»
Долінський Анатолій Сергійович
(прізвище та ініціали)
Керівник – к.т.н., доцент Пушка О.С.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань - 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно – технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність Н7 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
А.В. Войтік
« ___» _____**2025р.**

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

студенту Долінському Анатолію Сергійовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема проєкту «Удосконалення технології обробітку ґрунту з модернізацією конструкції культиватора»
керівник проекту Пушка Олександр Сергійович, канд.техн.наук,доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затвердженні наказом вищого навчального закладу від « » 2025р.№ _____

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту: нормативно - методична література, науково – технічна література .

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. розглянути та проаналізувати підготовку ґрунту під посів основних сільськогосподарських культур;
2. проаналізувати конструкції ґрунтообробних машин;
3. провести модернізацію культиватора КПШ-9 встановивши додаткові робочі органи голчастого типу і в перспективі порівняти з базовим агрегатом;
4. провести технічні та економічні розрахунки модернізованого ґрунтообробного агрегату.

5. Ілюстративний матеріал:

Підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; схеми конструкторської розробки удосконаленого ґрунтообробного агрегату; техніко-економічні показники проекту; основні висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання – _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів проекту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка Вступу		
2.	Розділ 1.		
3.	Розділ 2.		
4.	Розділ 3.		
5.	Розділ 4.		
6.	Виконання ілюстративної частини роботи		
7.	Представлення керівнику роботи на перевірку		

Студент _____ **Долінський А.С.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ **Пушка О.С.**
(підпис) (прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП…….....5
1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН……7
1.1. Огляд та аналіз підготовки ґрунту під посів основних сільськогосподарських культур……..7
1.2. Огляд конструкцій ґрунтообробних машин……..…….……9
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОЇ СХЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ……..…….……21
2.1. Робочий процес модернізованого агрегату – культиватора КПШ – 9……21
2.2. Описання та технологічний процес роботи ґрунтообробного агрегату……26
2.3. Визначення робочої швидкості агрегату…….……27
2.4. Визначення питомого тягового опору...……28
2.5. Визначення коефіцієнт використання тягового зусилля……29
2.6. Прогнозована продуктивність агрегату…….……...…31
2.7. Витрати паливо-мастильних матеріалів для агрегату…….……32
3. ОХОРОНА ПРАЦІ…….34
3.1. Охорона праці на аграрних підприємствах……...…34
3.2. Вимоги безпеки при проведенні культивації……38
4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ……40
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…….……..46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..47
ДОДАТКИ……..49

ВСТУП

Ґрунти Черкаської області вважаються чи не найбільш продуктивними в Україні. Раціональне використання сільськогосподарських земель та підвищення ефективності обробітку ґрунту є ключовими чинниками стабільного розвитку аграрного сектору України. Особливої актуальності ця проблема набуває для Черкаської області — одного з найбільш аграрно розвинених регіонів країни. Ґрунтові ресурси регіону, що здебільшого представлені родючими чорноземами, останніми роками зазнають деградаційних змін унаслідок інтенсивного землеробства, зменшення рівня органічної речовини, ущільнення та ерозійних процесів. Землі сільськогосподарського призначення Черкаської області становлять близько 69 % від загальної площі земельного фонду області. Провідне місце займає рілля - 87,7% від загального числа. При цьому зростає відсоток ґрунтів, що зазнають того чи іншого ступеня деградації. На підготовку ґрунту припадає більше 60 % усіх енерговитрат. Ущільнення нижніх шарів ґрунту зросло більш ніж у 2 рази. Тому за таких умов необхідно переглянути підхід аграріїв до одного з найбільших процесів в землеробстві – обробітку ґрунту.[1]

Обробіток ґрунту – це один з найважливіших елементів системи землеробства. Завдяки механічній дії на ґрунти різноманітними робочими органами ґрунтообробних машин та знарядь можна створити умови (поживний, водний, повітряний режим) для зростання й розвитку найрізноманітніших сільськогосподарських культур.

В умовах сучасного землеробства виникає необхідність пошуку технічних рішень, які б одночасно забезпечували якісний обробіток ґрунту, зменшення енергозатрат та збереження природної родючості. Одним із напрямів вирішення цієї задачі є модернізація існуючих знарядь для обробітку, зокрема культиваторів. Особливу увагу привертає модернізація культиватора КПШ-9, який широко використовується в господарствах центрального Лісостепу, зокрема в Черкаському регіоні, але має низку конструктивних недоліків, що обмежують його ефективність за сучасних умов.

Удосконалення конструкції цього агрегату дозволить адаптувати його до

змінених агротехнічних вимог, покращити якість обробітку, зменшити навантаження на ґрунт, а також сприятиме збереженню його структури й водного режиму. Це особливо важливо для регіонів з високим рівнем агровикористання та потенційно вразливими ґрунтами, до яких належить Черкаська область.

У межах цієї роботи передбачається модернізація конструкції культиватора КПШ-9 шляхом встановлення голчастих елементів**,** що дає змогу інтенсифікувати процес обробітку без надмірного ущільнення ґрунту. Голчасті робочі органи сприяють аерації, покращують водопроникність і розпушення верхнього шару, а також зменшують опір руху агрегату. Це особливо важливо для структурно-нестійких ґрунтів центрального Лісостепу, де надмірне ущільнення призводить до різкого зниження продуктивності культур.

1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

1.1. Огляд та аналіз підготовки ґрунту під посів основних сільськогосподарських культур

Досвід світового землеробства з обробітку ґрунту свідчить, що з-поміж головних агротехнічних заходів, які забезпечують отримання високоякісних стабільних урожаїв, якісний передпосівний ґрунтообробіток відіграє ключову роль.

Передпосівна підготовка ґрунту – це процес створення оптимальних передумов для подальшої сівби та вирощування сільськогосподарських культур.

Передпосівний обробіток зазвичай може складатися з таких основних етапів:
1. Боронування (закриття вологи) — це агротехнічна операція, що спрямована на збереження вологи у верхньому шарі ґрунту. Вона є одним із найдавніших методів поверхневої обробки землі, при якому застосовують спеціальне знаряддя — борони, що дозволяють руйнувати поверхневу кірку, яка утворюється після опадів або танення снігу. Ранньовесняне боронування проводять одразу після того, як верхівки гребенів зоранного поля підсохнуть. Роботи слід завершити впродовж одного - двох днів, оскільки затримка з їх виконанням призводить до суттєвих втрат ґрунтової вологи і, як наслідок, зниження врожайності. Водночас надто раннє боронування, коли земля ще занадто волога, може спричинити утворення ущільненої кірки, а запізнення — значні втрати вологи через випаровування.

Основна мета боронування — максимально зберегти вологу, створити розпушений дрібногрудкуватий верхній шар ґрунту, вирівняти поверхню поля, а також знищити проростки бур’янів і зменшити їхню чисельність.

Переваги методу:

- швидке виконання робіт;
- ефективне пригнічення бур’янів;
- покращення аерації ґрунту;
- утримання вологи в орному шарі.

Недоліки:

- невелика глибина обробітку (до 10 см);
- ризик ущільнення ґрунту при частому застосуванні.

2. Культивація та коткування. Культивація є способом глибшого обробітку ґрунту, ніж боронування, і здійснюється за допомогою культиваторів, що розпушують землю на глибину до 20 см. Цей агротехнічний захід дозволяє ефективно знищити як молоді, так і перезимувалі бур’яни, а також створити сприятливу структуру верхнього шару ґрунту для сівби. Проходження культиватора формує посівне ложе, забезпечуючи потрібну глибину для загортання насіння. Щоб покращити умови для роботи сівалки, культивацію часто поєднують зі шлейфуванням.

Переваги культивації:

- глибше розпушення, що позитивно впливає на структуру ґрунту;
- ефективне знищення бур’янів;
- покращення водопроникності та повітрообміну в орному шарі.

Недоліки:

- підвищені енерговитрати;
- більші трудові ресурси;
- можливе пошкодження кореневої системи культурних рослин при міжрядному обробітку.

У разі вирощування культур з дрібним насінням доцільно проводити коткування для вирівнювання посівного ложа та забезпечення рівномірної глибини загортання насіння. Коткування також дозволяє частково компенсувати недоліки передпосівного обробітку, які виникають через конструкційні обмеження культиваторів.

Передпосівне коткування вважається ефективнішим за післяпосівне, оскільки краще впливає на якість посіву. Цей прийом є обов’язковим у вирощуванні культур, таких як льон, просо, кормовий люпин. За умов нестачі вологи доцільно застосовувати коткування як до посіву, так і після нього.

3.Внесення добрив. Вони забезпечать рослини поживними речовинами, дозволять їм сформувати потужну кореневу систему. Зараз за допомогою сучасних комбінованих агрегатів це робиться під час посівної.

Якісне виконання таких агротехнічних операцій, як боронування, культивація та коткування (залежно від обраної технології обробітку), сприяє

ефективному розпушенню ґрунту та формуванню його оптимальної зернистої структури. Це дозволяє зберегти вологу в орному шарі, створити сприятливі умови для рівномірного проростання насіння, забезпечити належний фітосанітарний стан поля, покращити повітрообмін та сприяти рівномірному прогріванню ґрунту.

Це цілий комплекс заходів, що проводяться перед посівом, спрямованих на підготовку ґрунту до високоякісного росту та розвитку рослин. Основними завданнями передпосівної обробки є забезпечення оптимальних умов проростання насіння, підвищення родючості ґрунту, покращення його структури та повітро - водного режиму.

Значення передпосівної обробки ґрунту складно переоцінити. Цей процес також спрямований на знищення бур'янів та шкідників, а також на руйнування щільних ґрунтових грудок та створення рівномірного шару ґрунту. Передпосівна обробка допомагає знизити ризик захворювань рослин та покращити засвоєння ними поживних речовин, що сприяє підвищенню врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

Оптимальну технологію передпосівного обробітку ґрунту вибирають із урахуванням природно - кліматичних умов регіону, особливостей ділянки, фінансових можливостей аграрія, наявність у нього необхідної агротехніки.[2,3]

1.2. Огляд конструкцій ґрунтообробних машин

Машини для механічного обробітку ґрунту класифікують за характером виконуваних операцій на три основні категорії: для глибокого (основного) обробітку, для поверхневої обробки, а також спеціалізовані машини.

До першої групи, яка включає техніку для основного обробітку, належать плуги, глибокорозпушувачі (зокрема плоскорізи), дискові борони, а також комбіновані агрегати, які здатні виконувати кілька функцій одночасно. Плуги здійснюють глибоку оранку з перевертанням ґрунтового шару. Глибокорозпушувачі забезпечують розпушення орного шару на глибину до 30 см, а окремі моделі також мають функцію внесення добрив. Дискові борони ефективно подрібнюють і частково перевертають ґрунт, знищують бур’яни й подрібнюють

рослинні залишки. Комбіновані знаряддя поєднують кілька дій за один прохід, що підвищує продуктивність.

Техніка для поверхневого обробітку охоплює культиватори, різні типи борін, котки, мотики, лущильники та багатоопераційні агрегати. Комбіновані машини цього типу можуть одночасно рихлити ґрунт, вносити добрива, подрібнювати грудки, ущільнювати поверхню тощо.

До машин спеціального призначення належать ті, що використовуються на специфічних ділянках — наприклад, для обробітку нових або осушених земель, глибокої (плантажної) оранки, ярусного обробітку, роботи на територіях, схильних до ерозії. Сюди також входять ґрунтообробні фрези, щілинорізи, грядкоутворювачі тощо. Деякі машини спеціально розроблені для запобігання водній та вітровій ерозії.

За способом приєднання до трактора розрізняють три типи машин: причіпні, начіпні та напівначіпні. Причіпні агрегати мають власні колеса, які підтримують вагу машини як під час роботи, так і при транспортуванні. Начіпні повністю спираються на трактор при русі, тому вся їх маса передається на тракторну ходову систему. Напівначіпні машини частково навантажують трактор, а частково мають власну опору. Начіпні моделі, як правило, легші, маневреніші та простіші в конструкції порівняно з причіпними та напівначіпними.

Огляд конструкцій основних ґрунтообробних машин

Плуги універсального призначення зазвичай використовуються для обробітку ґрунту на глибину до 30 см. За типом приєднання до трактора вони поділяються на начіпні, напівначіпні та причіпні, однак у сільськогосподарській практиці найчастіше застосовують саме начіпні та напівначіпні моделі.

Серед найбільш поширених марок плугів можна назвати: ПЛН-3-35 (ПЛНШ-3-35), ПМУ-3-40, ШШ-4-35 (ПЛНШ-4-35), ПМУ-4-40, ПЛН-5-35 (ПЛНШ-5-35), ПМУ-5-40, ПЛН-8-40 та інші. Детальні технічні характеристики основних моделей плугів загального призначення подано в додатку А.

Далі на рисунку 1.1 наведено схему начіпних плугів .

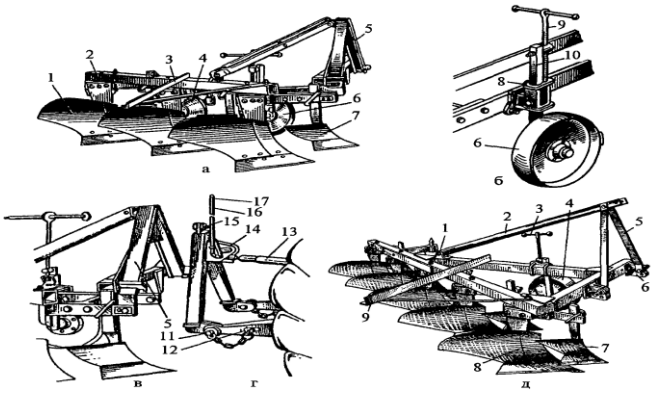


Рисунок 1.1 – Начіпні плуги

а – ПЛН-3-35; б – опорне колесо з гвинтовим механізмом; в – замок СА-1; г – рамка начіпного механізму; 1 – корпус плуга; 2 – рама; 3 – причіп для борони; 4 – дисковий ніж; 5 – замок автозчепи; 6 – опорне колесо; 7 – передплужник; 8 – кронштейн; 9 – гвинт; 10 – стояк; 11 – палець; 12 – нижня тяга начіпного механізму трактора; 13 – верхня тяга; 14 – заскочка; 15 – ролик; 16 – рукоятка; 17 – шнур; д – ПЛН-5-35: 1 – рама; 2 – розкіс; 3 – гвинтовий механізм; 4 – опорне колесо; 5 – стояк; 6 – кронштейн; 7 – передплужник; 8 – корпус; 9 – причіп для борін.

Лущення (дискування) — це один із методів поверхневого обробітку ґрунту, який виконується на глибину 6–12 см. Його мета — розпушення, подрібнення та часткове перемішування верхнього шару ґрунту, а також підрізання бур’янів. Завдяки цьому агроприйому досягається низка важливих цілей: ефективна боротьба з бур’янами, шкідливими організмами та патогенами, збереження вологи, активізація життєдіяльності ґрунтової мікрофлори, а також загортання післяжнивних решток і внесених добрив. Крім того, лущення створює сприятливі умови для подальшого основного обробітку землі.

Для виконання цієї операції використовують лемішні та дискові лущильники, а також дискові борони. Основними робочими елементами дискових машин є сферичні або плоскі диски з гострою ріжучою кромкою. Вони встановлюються під кутом до напряму руху, що забезпечує обертання дисків при зіткненні з ґрунтом. У процесі роботи диски зрізають ґрунтовий шар у формі сегмента, який розпушується, частково перевертається та переміщується.

У лемішних лущильників робочим органом виступає корпус, аналогічний плужному. Однією з найпоширеніших моделей є ППЛ-10-25, яка здатна

виконувати обробіток на глибину до 16 см.

Порівняно з лемішними, дискові лущильники забезпечують менше перевертання ґрунту та менш ефективне підрізання бур’янів, проте краще справляються з подрібненням горизонтально розташованих кореневищ і пагонів. Вони зазвичай працюють на глибині 6–8 см, хоча при додатковому навантаженні можуть проникати на глибину до 10–12 см.

На рисунку 1.2 зображено лущильник дисковий серії ЛД-11.

Культивація — це різновид поверхневого обробітку ґрунту, який передбачає підрізання бур’янів, подрібнення і розпушення ґрунту, його вирівнювання та часткове перемішування без повного перевертання орного шару. Для виконання цієї агротехнічної операції застосовують спеціалізовані машини — культиватори.



Рисунок 1.2 – Лущильник дисковий серії ЛД-11

За функціональним призначенням культиватори поділяють на такі типи: парові — для суцільного обробітку ґрунту, просапні — призначені для міжрядного обробітку просапних культур, а також універсальні, які поєднують можливості обох попередніх типів.

Культиватори оснащують різними робочими органами, що виконують специфічні функції:

- однобічні плоскорізальні лапи використовують для перших міжрядних операцій, підрізаючи бур’яни і розпушуючи ґрунт на глибину до 6 см;
- стрілчасті плоскорізальні лапи забезпечують підрізання бур’янів і часткове розпушування ґрунту також до 6 см;
- стрілчасті лапи-плоскорізи застосовують для обробітку ґрунтів, схильних до ерозії, з глибиною до 16 см;
- стрілчасті універсальні лапи поєднують підрізання бур’янів із ефективним

розпушуванням ґрунту на глибину до 12 см;

- розпушувальні долотоподібні лапи служать для глибокого розпушування (до 16 см) без вивертання нижнього шару ґрунту;
- розпушувальні лапи з жорсткими стояками використовують для передпосівного чи міжрядного обробітку, а з пружинними — для вичісування кореневищних бур’янів при суцільному обробітку на глибину до 12 см;
- списоподібні лапи призначені для глибокого (до 16 см) розпушування ґрунту та знищення кореневищних бур’янів;
- голчасті диски застосовують для руйнування ґрунтової кірки і знищення бур’янів у рядках культурних рослин;
- штанговий робочий орган — це квадратна сталева штанга, яка заглиблюється на 8–10 см і обертаючись, розриває корені бур’янів, піднімаючи їх на поверхню, одночасно розпушуючи верхній шар без перевертання;
- полільні зуби служать для обробітку захисних зон і міжрядь одночасно.

За типом робочих органів культиватори поділяються на чизельні, оснащені лапами, дискові, штангові та плоскорізні.

У культиваторів з лапами основним елементом є лапи двох типів: розпушувальні та підрізувальні. Розпушувальні лапи — це вузькі, іноді долотоподібної форми інструменти, які застосовують для розпушування ущільнених ґрунтів, що вільні від бур’янів, як показано на рисунку 1.3.

Підрізувальні лапи мають форму стрілчастих або ножеподібних знарядь і призначені для неглибокого підрізування та розпушування ґрунту без його перевертання, а також для знищення бур'янів. Використання підрізувальних лап сприяє кращому збереженню вологи в шарах ґрунту, розташованих нижче поверхні, яку обробляє лапа. Ці лапи поділяють на однобічні плоскорізальні, стрілчасто-плоскорізальні та стрілчасто-універсальні залежно від їхньої форми. Підрізувальні лапи встановлюють таким чином, щоб сліди від них перекривалися, а леза рухалися паралельно поверхні ґрунту.

Культиватори з підрізувальними робочими органами застосовують для міжрядного обробітку просапних культур і для обробітку парових полів. Проте

використання таких культиваторів на полях із великим засміченням кореневищними бур'янами не рекомендується.

Лапи культиваторів кріпляться на жорстких або пружинних стояках, причому розпушувальні лапи зазвичай встановлюють на пружинних стояках.

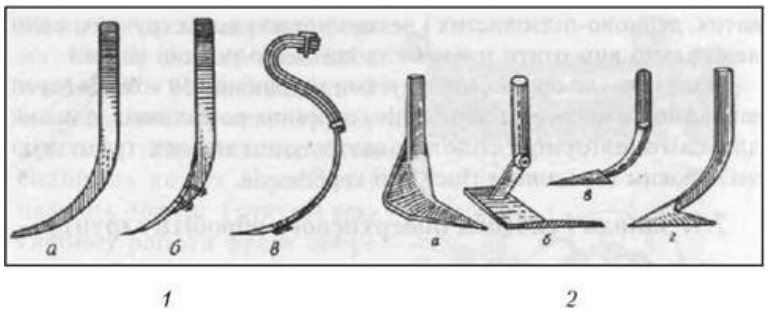


Рисунок 1.3 - Лапи культиваторів:

1 - розпушувальні: а - долотоподібна; б - з наральником; в - пружинна з наральником. 2 - підрізувальні: а, б – однобічно - плоскорізальні; в - стрільчаста плоскорізальна; г - стрільчаста універсальна.

Культиватори з пружинними лапами мають певні недоліки: вони не здатні повністю знищувати всі бур’яни, а також частково перевертають і розпилюють ґрунт, що сприяє його висушуванню. Крім того, ці лапи можуть піднімати насіння бур’янів із глибших шарів на поверхню, тому для передпосівного обробітку доцільніше використовувати культиватори з жорсткими стояками. Водночас пружинні лапи краще справляються з розпушуванням і перемішуванням ущільненого ґрунту, а також менш схильні до засмічення під час роботи, тож у багатьох випадках заміна їх на інші робочі органи не виправдана.

Для передпосівного обробітку та обробітку парових полів застосовують культиватори з двома типами робочих органів — стрілчастими універсальними та розпушувальними лапами. Робочими органами культиваторів для просапних культур є однобічні, стрілчасті плоскорізальні лапи і розпушувальні долотоподібні лапи. За потреби такі культиватори можуть бути оснащені додатковими органами — підгортачами (для підгортання картоплі та інших культур або для формування поливних борозен) та підживлювальними лапами. Універсальні культиватори поєднують робочі органи, характерні для парових і просапних культиваторів.

Чизель-культиватор являє собою знаряддя з вузькими долотоподібними лапами, які встановлені на міцній рамі з кроком 15-20 см між ними. Такі культиватори застосовують для глибокого розпушування ґрунту без його перевертання, зокрема під час весняного обробітку зябу, особливо у зонах з надмірним зволоженням та на зрошуваних землях. Легкі чизелі можуть обробляти ґрунт на глибину до 25-30 см, а важкі — до 40-45 см.

У штангових культиваторів основним робочим елементом є металевий квадратний стержень (розміром 22х22 мм), що обертається під час роботи, вириває бур'яни та викидає їх на поверхню. Ця штанга заглиблюється у ґрунт на 8-10 см і рухається у напрямку, протилежному обертанню коліс трактора. Для покращення розпушування такі культиватори можуть бути обладнані додатковими лапами. Штангові культиватори мають перевагу — вони рідше забиваються бур'янами, ніж ті, що оснащені лапами.

Для обробітку ущільнених і важких ґрунтів, а також для передпосівної підготовки запирієних полів використовується протиерозійний культиватор КПЄ-3,8А, оснащений плоскими лапами і штанговим робочим органом.

Культиватори-плоскорізи (наприклад, КПП-2,2, КПШ-5, КПШ-9) застосовують для розпушування ґрунту із збереженням стерні на поверхні. Їхні плоскорізальні лапи мають ширину захвату близько 0,97 м.

Вибір конкретного типу культиватора і робочих органів залежить від особливостей ґрунту, виду культур, а також від кліматичних умов.

Боронування — це вид поверхневого обробітку ґрунту, який забезпечує його кришіння, розпушування, часткове перемішування та вирівнювання поверхні. Для цього застосовують різні типи борін: зубові, сітчасті, пружинні, голчасті, а також ротаційні мотики і шлейф-борони. Робочими органами таких машин виступають зуби різної форми — квадратного, круглого, ромбоподібного перерізу, а також ножеподібні та лапчасті.

Зуби з прямокутним перерізом використовують переважно на важких ґрунтах, а круглі — на легких. Ножеподібні зуби добре заглиблюються у ґрунт і при цьому розпилюють його менше, проте вони слабше розпушують і майже не

забезпечують перемішування.

Зуби квадратного профілю заточують несиметрично: одна грань залишається прямою, а решта — скошеними. На рамі вони закріплюються так, щоб пряме ребро було спрямоване в один бік, проте борона може працювати у двох напрямках. Якщо робочою частиною виступають прямі ребра, тоді розпушування відбувається на всю глибину руху зуба. Якщо ж працюють скошені ребра — розпушується лише верхня частина ґрунту до рівня скошеної частини зуба, а нижній шар ущільнюється за допомогою ребер зуба, заглиблюючись на 3-4 см.

Основним робочим елементом звичайної зубової борони є нерухомий сталевий зуб, що заглиблюється у ґрунт та розпушує його. Ефективність роботи залежить від глибини заглиблення зуба і щільності ґрунту. Кожен зуб розпушує площу у формі рівнобедреного трикутника в розрізі. Зуби встановлюють так, щоб трикутники змикалися краями, не залишаючи проміжків і без перекривання один одного (див. рисунок 1.4). Відстань між зубами на рамі має бути однаковою, щоб забезпечити рівномірний слід від кожного зуба.

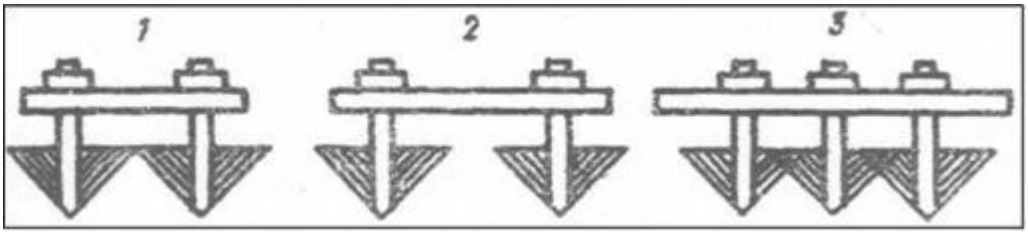


Рисунок 1.4 - Схема роботи зубової борони

1. зуби поставлені правильно; 2. зуби поставлені занадто далеко; 3. зуби поставлені занадто близько.

Якість боронування залежить від кількох важливих чинників: маси борін, форми зубів, кута їхнього проникнення в ґрунт, вологості ґрунту, довжини тяг і швидкості руху агрегату. За масою, що припадає на один зуб, борони поділяють на важкі, середні та легкі.

Голчаста борона БИГ-3А (див. рисунок 1.5) призначена для весняного та осіннього розпушування ґрунту на глибину від 4 до 11 см. Вона ефективна на поверхні, покритій стернею чи іншими рослинними рештками, і допомагає

зберігати вологу, загортати насіння бур'янів та знищувати падалицю культурних рослин, при цьому не руйнуючи стерню. Крім того, борона вирівнює мікрорельєф, створений попередніми агротехнічними заходами. На ущільнених ґрунтах вона працює з активним розміщенням робочих органів, а на легких та середніх — пасивним.

Для розпушування ґрунту, вкритого стернею та рослинними рештками, з метою збереження вологи, загортання насіння бур'янів та частинок культурних рослин, а також для вирівнювання нерівностей після попередніх обробітків, весняного боронування озимих і просапних культур, передпосівного обробітку зораних полів і догляду за багаторічними травами застосовують голчасту борону-мотику БМШ-15. Вона має 157 голчастих дисків, згрупованих у батареї секцій, що забезпечують глибину обробітку до 10 см. Особливо висока ефективність цієї борони помітна в регіонах, схильних до вітрової ерозії.



Рисунок 1.5 - Борона голчаста БИГ-3А (модернізована)

Пружинні борони використовують для обробітку запирієних і кам'янистих ґрунтів, а також на ділянках після вирубування лісу. Робочий орган таких борін — це зігнута пружиною сталева пластинка, що забезпечує ефективне розпушування та очищення ґрунту.

Шлейфування — агротехнічний захід, спрямований на вирівнювання поверхні ґрунту та подрібнення великих грудок і брил. Цю операцію зазвичай виконують навесні для зменшення випаровування вологи і вирівнювання гребенів на полях, що були виорані восени. Шлейфування проводять за допомогою шлейфів, які складаються з ножа (струга), зубового бруса і кількох рядів сталевих кутників або дерев’яних брусків. Одним із найбільш поширених є металевий шлейф-борона ШБ-2,5 (див. рисунок 1.6).

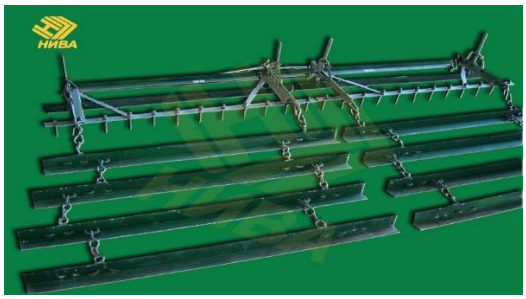


Рисунок 1.6 – Шлейф-борона ШБ-2,5

Шлейфування забезпечує збільшення вологості ґрунту та рівномірніше загортання насіння порівняно з боронуванням, а також створює сприятливі умови для дружних сходів культурних рослин, сприяє проростанню насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту, сходи яких знищують наступним обробітком. Проводиться металевими або дерев’яними шлейфами, які вирівнюють поверхню ґрунту та подрібнюють великі грудки.

Коткування - це обробіток ґрунту котками для подрібнення брил, ущільнення та вирівнювання поверхні. Метою коткування є: вирівняти поверхню ґрунту, забезпечити рівномірне загортання насіння та кращий контакт із ґрунтом для швидкого набухання і проростання, поліпшити теплові умови ґрунту, зменшити втрати вологи через випаровування.

Основне завдання — зберегти вологу від фізичного випаровування, а не підняти її ближче до поверхні.

Коткування можна виконувати після першої весняної культивації і перед сівбою (часто в одному агрегаті з культиватором).

Різні типи котків для різних етапів:

після культивації — кільчастий коток.

перед сівбою — котки з гладенькою поверхнею.

Робочі органи котків:

- гладенька чи ребриста циліндрична поверхня.
- диски із шпорами або зубцями, складені в батареї.

Найкращі — котки з дисками, що мають шпори і зубці, які забезпечують підповерхневе ущільнення і поверхневе розпушування.

Типи котків за масою:

Легкі: 0,05–0,2 кг/см²

Середні: 0,3–0,4 кг/см² (оптимальні для більшості випадків)

Важкі: понад 0,5 кг/см²

Типи котків за конструкцією:

Гладенькі циліндричні котки — ущільнюють в основному верхній шар ґрунту, слабко діють на глибші шари.

Кільчасті котки — складаються з металевих кілець на одній осі з ребристою поверхнею, мають три секції.

Ширина захвату великого котка — 3 м, малого — 1,25 м.

Тиск на 1 см ширини — 2,4–4,2 кг.

При однаковій масі ущільнюють ґрунт глибше, ніж гладенькі.

Маса регулюється кількістю баласту у ящиках на батареях.

Кільчасто-шпорові котки ККШ-6, зображені на рисунку 1.7, відзначаються підвищеною ефективністю подрібнення грудок і ущільнення ґрунту порівняно зі звичайними кільчастими котками. Водночас вони сприяють розпушуванню верхнього шару. Основним елементом конструкції є литі сталеві диски з клиноподібними шпорами, розміщеними по ободі диска з обох боків. Величина тиску на ґрунт регулюється шляхом зміни кількості баласту в спеціальних ящиках.

На практиці котки застосовують у таких випадках:

- для руйнування ґрунтової кірки, яка утворюється до появи сходів (використовують рубчасті або кільчасті котки);
- у разі незадовільної якості передпосівного обробітку, коли необхідне додаткове подрібнення грудок;
- після сівби буряків, кукурудзи, гороху, проса, гречки, багаторічних трав; рідше — ранніх ярих зернових культур;
- перед посівом дрібнонасінних культур (багаторічні трави, льон, буряки), щоб ущільнити верхній шар ґрунту;
- при сівбі після нещодавньої оранки, особливо озимих культур, щоб забезпечити якісне ложе для насіння;

- для покращення стану озимих культур навесні, зокрема при їхньому випиранні (застосовують рубчасті котки);
- для подрібнення або руйнування льодової кірки, яка утворилася на посівах озимих культур чи багаторічних трав (використовують кільчасті котки).



Рисунок 1.7 – Кільчасто - шпоровий коток ККШ-6

Таким чином, незалежно від того, наскільки якісно виконано оранку або глибокий безполицевий обробіток (на глибину не менше 18–20 см), вони не здатні повністю реалізувати всі функції, що покладаються на обробіток ґрунту. У випадках значного ущільнення ґрунтового шару, засміченості поля бур’янами, потреби в загортанні добрив у верхній шар або руйнуванні ґрунтової кірки, а іноді й для ущільнення ґрунту, виникає необхідність у проведенні поверхневих агротехнічних заходів. Серед таких операцій найбільш розповсюдженими є лущення, культивація, боронування, шлейфування, коткування тощо.[4,5,6]

2.ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТОЇ СХЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

2.1 Робочий процес модернізованого агрегату – культиватора КПШ – 9

Культиватор - плоскоріз широкозахватний КПШ - 9 – це напівначіпний гідрофікований ґрунтообробний агрегат , що призначений для парової та осінньої обробки ґрунту, а також передпосівної обробки ґрунтів, легких за механічним складом, з максимальним збереженням стерні для захисту від вітрової ерозії та інших пожнивних залишків на поверхні поля після колосових та просапних попередників.

Базова модель даного культиватора показана на рисунку 2.1.

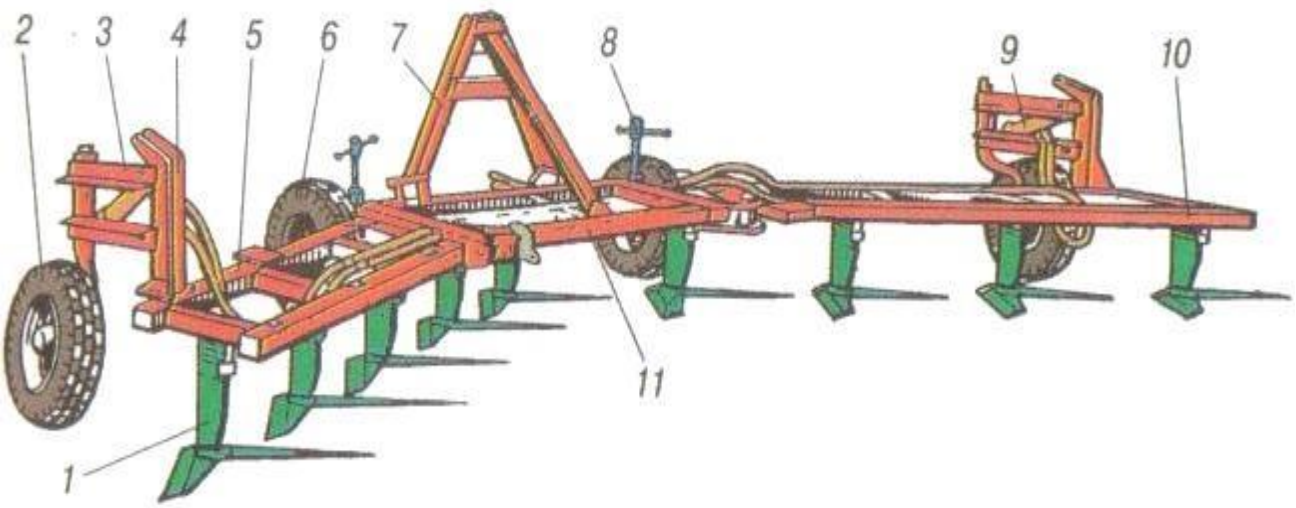


Рисунок 2.1 – Культиватор – плоскоріз широкозаватний КПШ - 9

Культиватор - плоскоріз широкозахватний складається: з рами, опори (6), двох самовстановлюваних колес, що обладнані відповідним механізмом підйому та опускання робочого органу (1) та гідравлічної системи. Відповідно, рама поділена на секції: ліву (5), середню (11), праву (10). Секція середня (11) обладнується автомобільним зчіпним пристроєм (7). Це необхідно для з'єднання агрегату з навісною системою трактора. При бічних секцій повздовжні балки мають обмежувачі, отвори, що слугують для проведення кріплення робочого органу. За допомогою стопорів регулюється положення робочого органу в поздовжньо-

вертикальній площині.

Опорні колеса (6) середньої секції обладнані пневматичними шинами, з'єднуються з рамою за допомогою гвинтового механізму. Це необхідно для правильного регулювання глибини при про веденні обробітку ґрунту. Самовирівнювальне колесо (2) з паралелограмним механізмом (3) є опорою бічної секції. Воно служить для підйому культиватора з робочого положення в транспортне і навпаки - опускання з транспортного положення в робоче.

Робочий орган культиватора КПШ-9 складається із стояка, долота, башмака, правого і лівого лемешів, упорного регулювального болта, який вкручується в упор. За допомогою болта проходить регулювання кута входження робочого органу культиватора в ґрунт. Леза долота та лемешів зазвичай зміцнюють твердим сплавом, що в свою чергу підвищує їх стійкість та спрацювання.

Маслопроводи, два гідроциліндри, штуцери, рукави високого тиску – це склад гідравлічної системи культиватора даної моделі.

При агрегуванні культиватора КПШ - 9 з тракторами класу 3 необхідно зняти дві крайні лапи, а стояки (4) із самовстановлювальним колеса перемістити до середини. Відповідно, культиватор матиме ширину робочого захвату 6,4 м. При переміщені культиватора на далекі відстані, знімаються фіксатори бокових секцій. Після чого маневруючи агрегатом, заводять їх назад.

Основні технічні характеристики базової моделі культиватора - плоскоріза широкозахватного КПШ – 9 наведені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики базової моделі культиватора - плоскоріза широкозахватного КПШ – 9

Параметр	**Значення**
Тип агрегату	Напівначіпний, гідрофікований
Ширина, захват, м	9,0
Глибина обробітку, см	7–18
Продуктивність у відповідності до гектарів, га/год	7,0–9,0

Швидкість роботи, км/год	8–10
Швидкість транспорта, км/год	до 15
Кількість робочих органів	9 плоскорізальних лап
Маса агрегата, кг	близько 3200–3500
Габарити в робочому положенні (м)	9,0 × 4,5 × 1,2
Габарити в транспортному положенні (м)	4,0 × 4,5 × 1,8
Тип робочих органів	Плоскорізні лапи шириною 280–350 мм
Агрегатується з тракторами	Класу 3–5 (Т-150, К-700, МТЗ–1523 тощо)
Гідросистема	Власна, для складання/розкладання секцій і регулювання глибин

Культиватор КПШ - 9 переважно використовується у південних регіонах України, Казахстану, Росії та інших зонах континентального клімату, де важливо зберегти вологу в ґрунті.

Модернізація культиватора КПШ-9 — це ефективне рішення для покращення агротехнічних показників, економії ресурсів та підвищення врожайності.

Удосконалення культиватора КПШ - 9 можна провести за допомогою додавання голчастих робочих органів (типу голчастих дисків) — це ефективний спосіб покращити якість обробітку ґрунту, зокрема: покращити подрібнення грудок, проводити спушування ґрунту, забезпечити краще перемішування рослинних решток, зменшити ущільнення ґрунту, знищити проростки бур’янів. Це зробить культиватор більш універсальним і придатним до роботи у змінних умовах.

Ось як можна провести таку модернізацію:

1. Вибір типу голчастих робочих органів. Для модернізації культиватора КПШ - 9 пропонується встановити голчасті диски. Додатково має бути встановлено

8 голчастих дисків. Діаметр одного диска 350 мм. Кількість голок - 8 шт. на диск. Матеріал може бути загартована сталь, стійка до зношування.

2. Визначення місця встановлення. В модернізованій моделі голчасті диски будуть встановлені між рядами плоскорізальних лап. Це дасть змогу поліпшити перемішування, подрібнення решток, руйнування кірки і запобігання налипанню.
3. Встановлення конструкції. До базової рами КПШ - 9 для кріплення голчастих елементів використати шарнірні кронштейни або жорсткі опори для кріплення голчастих дисків. Кріплення повинно бути універсальним для можливості регулювання кута атаки і глибини занурення. Забезпечити можливість регулювання: глибини обробітку, тиску на ґрунт, кута атаки. До рами КПШ-9 приварюють або прикручують кронштейни для осей дисків. Кронштейни мають пази для регулювання висоти та кута атаки (15–25°). Висота від рами — така, щоб диск заглиблювався. Кріплення дисків: диски насаджуються на вісь. Фіксуються за допомогою підшипникового вузла з захистом від пилу. Також необхідно забезпечити вільне обертання — без люфтів і заклинювання. Також необхідне регулювання : кут атаки: 15–25° (менше — для легких ґрунтів, більше — для важких); глибина: регулюється висотою стійки або переміщенням кронштейна. Диски не повинні контактувати між собою — зазор між ними 10–20 см.

Схема модернізованого культиватор - плоскоріза широкозахватного КПШ – 9 наведена на рисунку 2.2

Отже, розглянувши Рисунок 2.2 (вигляд зверху (план)) ми бачимо, що загальна ширина захвату культиватора буде становити 9000 мм. Голчасті диски встановлені в два ряди по всій ширині рами, чергуються із стандартними плоскорізальними лапами. Трикутна навіска слугує для приєднання до трактора. Колеса опорні відповідно до базової версії — забезпечують стабільну глибину обробітку.

Розглянувши Рисунок 2.2 (вигляд спереду), ми бачимо, що 1300 мм — висота до верхньої частини рами. Голчасті диски (Ø ~350 мм) — рівномірно розміщені по

ширині, кріпляться на паралельних опорах. Ширина між дисками: ~910 мм між секціями.

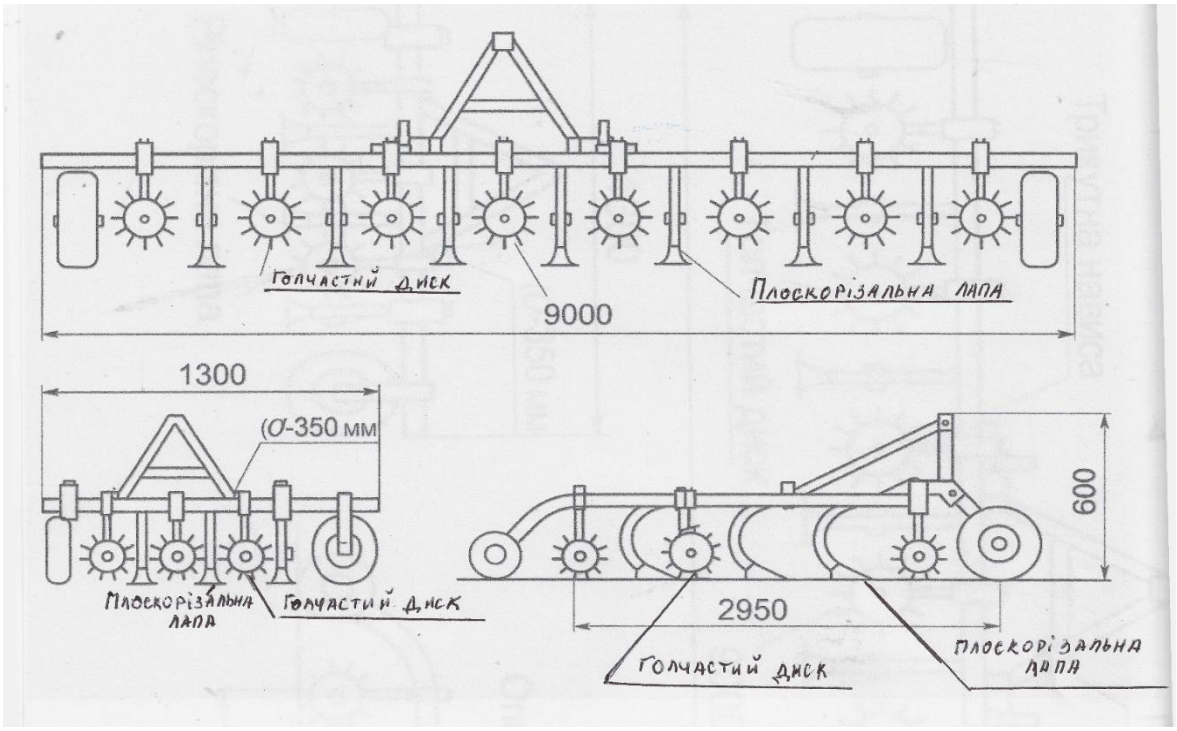


Рисунок 2.2 – Модернізована (удосконалена) модель культиватора – плоскоріза широкозахватного КПШ – 9

Розглянувши Рисунок 2.2 (вигляд спереду), ми бачимо, що 1300 мм — висота до верхньої частини рами. Голчасті диски (Ø ~350 мм) — рівномірно розміщені по ширині, кріпляться на паралельних опорах. Ширина між дисками: ~910 мм між секціями.

По вигляду з боку (профіль) (Рисунок 2.2) можна зробити висновки, що 2950 мм — це довжина середньої секції з робочими органами; 3450 мм — довжина задньої частини; 600 мм — глибина обробітку (максимальна) / діаметр дисків. Опорне колесо та плоскорізальна лапа демонструє послідовність розміщення елементів.

Таким чином, при модернізації зберігаємо оригінальну конструкцію КПШ-9: трикутна навіска, плоскорізні лапи (розташовані по всій ширині рами),опорні колеса. Натомість, додаємо голчасті диски, розміщуючи їх по одному голчастому диску між кожними двома плоскорізними лапами. Самі диски встановлюються на додаткові кронштейни або балку-переносник. Розміщення: лапа – диск – лапа –

диск. У вигляді зверху видно, що диски розташовані на окремій осі трохи позаду плоскорізів.

Перевірка в полі:

- Перший пробний прохід виконується на малій швидкості;
- Перевіряється якість рихлення, мульчування, обертання дисків;
- Коригується глибина і кут при потребі.

2.2 Описання та технологічний процес роботи культиватора КПШ-9

Культиватор КПШ-9 призначений для основного та передпосівного обробітку ґрунту, розпушування ущільненого шару, підрізання бур'янів, боротьби з ґрунтовою кіркою та інше.

Основні робочі органи даної моделі культиватора виконують наступні функції:

- Плоскорізальні лапи - Підрізають бур'яни, розпушують ґрунт горизонтально;
- Стійки лап - Передають зусилля та задають глибину обробітку;
- Опорні колеса - Забезпечують стабільну глибину;
- Рама з секціями - Несуча частина для робочих органів.

Голчасті диски, встановлені на культиватор КПШ-9, істотно розширюють його функціональні можливості. Основні функції голчастих дисків, що встановлені на культиватор КПШ – 9 додатково, наведені в таблиці, що є Додатком Б.

Технологічний процес роботи культиватора КПШ – 9 можна поділити на такі етапи:

1. Підготовчі роботи

1.1 Перевірити технічний стан агрегата: лапи, стійки, кріплення.

1.2 Встановити глибину обробітку (звичайно 10–14 см).

1.3 Налаштувати крила для забезпечення рівномірної ширини захвату.

1.4 Перевірити тиск в шинах опорних коліс.

1.5 Зчеплення з трактором відповідного тягового класу

2. Технологічний процес в полі

2.1 Початок обробітку з визначеного боку поля (проти вітру — якщо сухо).

2.2 Лапи заглиблюються в ґрунт на задану глибину.

2.3 Підрізання бур’янів по горизонталі, розпушення ґрунту.

2.4 Руйнування капілярів — зменшення втрат вологи.

2.5 Вирівнювання та мульчування поверхні.

2.6 Контроль обертання (за наявності) голчастих або прикочуючих органів.

3. Завершення роботи

3.1 Зупинка агрегата, огляд робочих органів.

3.2 Очищення лап від налипання (якщо потрібно).

3.3 Фіксація культиватора у транспортне положення.

3.4 Запис у журнал виконаних робіт.

2.3 Визначення робочої швидкості агрегату

Сільськогосподарські роботи можуть виконуватися якісно у визначеному діапазоні швидкостей.

Робочу швидкість агрегату під час виконання технологічної операції встановлюють за агротехнічними вимогами і конкретних умов роботи агрегату в загінці.

Робоча швидкість – це таке значення швидкості руху агрегатів під навантаженням, за якого технологічну операцію виконують з високими показниками якості, а їх відхилення не перевищує дозволених обмежень.

Допустима робоча швидкість при обробітку ґрунту культиваторами – плоскорізами 6 - 10 км/год.

Формула розрахунку робочої швидкості (2.1):

$$V = (S \times 3.6) / T, \quad (2.1)$$

де V – робоча швидкість, км/год;

S – пройдена відстань, км;

T – час проходу цієї відстані, год.

Для розрахунку робочої швидкості агрегату, що складається з трактора К-700 і культиватора КПШ - 9, удосконаленого голчастими, припустимо, що агрегат пройшов 400 м за 180 секунд. Тоді відповідно до формули (2.1)

$$V = (400 \times 3.6) / 180 = 1440 / 180 = 8 \text{ км/год}$$

Через додатковий опір, спричинений голчастими дисками, доцільно зменшити швидкість на 10–15%:

V оптимальна = 8 × (1 – 0.10) = 7.2 км/год

V оптимальна = 8 × (1 – 0.15) = 6.8 км/год

Рекомендована робоча швидкість модернізованого агрегату: 6.8 – 7.2 км/год.[9]

2.4 Визначення питомого тягового опору

Загальний тяговий опір агрегату (P) — це сила, яку повинен прикладати трактор, щоб тягнути сільськогосподарське знаряддя (наприклад, культиватор) по ґрунту на задану глибину та з певною шириною захвату. Вимірюється у кілоньютонах (кН).[1011] Розраховується за формулою (2.2)

$$P = q \times B \times h \quad (2.2)$$

де P – загальний тяговий опір агрегату, кН

q – питомий тяговий опір ґрунту, кН/м²

B – ширина захвату агрегату, м

h – глибина обробітку, м

Вплив основних чинників на загальний тяговий опір агрегату:

1. Тип ґрунту — чим щільніший і вологіший ґрунт, тим більший опір (вище значення q);
2. Ширина захвату (B) — чим ширший агрегат, тим більше поверхні обробляється і більший опір;
3. Глибина обробітку (h) — чим глибше працюють робочі органи, тим більше опір;
4. Тип і форма робочих органів — голчасті або дискові органи можуть збільшувати q.

Розрахуємо загальний тяговий опір агрегату трактор К-700 з удосконаленим культиватором КПШ-9, обладнаним додатковими голчастими дисками.

Вихідні дані:

q = 25 кН/м² — питомий опір для суглинкового ґрунту з голчастими дисками (тип ґрунту умовний)

B = 9 м — ширина захвату культиватора КПШ-9

h = 0.12 м — глибина культивації

Розрахунок відповідно до формули (2.2):

P = 25 × 9 × 0.12 = 27 кН

Загальний тяговий опір агрегату становить 27 кН. Це значення визначає необхідну силу, яку повинен створити трактор для забезпечення ефективної роботи знаряддя при заданих параметрах.

Розрахунок питомого тягового опору для агрегату трактор К-700 з культиватором КПШ - 9 з використанням формули (2.3) , яка враховує глибину обробітку та ширину захвату

$$q = P / (B \times h) \quad (2.3)$$

де q – питомий тяговий опір, кН/м²

P – загальний тяговий опір агрегату, кН

B – ширина захвату, м

h – глибина обробітку, м

Вихідні дані:

P = 27 кН

B = 9 м

h = 0.12 м

q = 27 / (9 × 0.12) = 27 / 1.08 = 25.0 кН/м²

Отже, питомий тяговий опір агрегату трактор К-700 з культиватором КПШ – 9 становить 27 кН.

2.5 Визначення коефіцієнта тягового зусилля агрегата

Коефіцієнт тягового зусилля агрегату (φ) — це безрозмірна величина, що

показує, наскільки ефективно трактор передає силу зчеплення з ґрунтом для подолання опору сільськогосподарського знаряддя.

Коефіцієнт тягового зусилля агрегату визначається як відношення загального тягового опору агрегату до ваги на ведучих колесах трактора.[12] Розрахунок можна провести за формулою (2.4)

$$\varphi = P / G \quad (2.4)$$

де φ — коефіцієнт тягового зусилля

P — загальний тяговий опір агрегату, кН

G — вага ведучих коліс (або маса агрегату на ведучих колесах), кН

Вхідні дані:

Тип трактора: К-700

Маса трактора (m): 12 т

Коефіцієнт розподілу ваги на ведучі колеса (k): 0.7

Прискорення вільного падіння (g): 9.81 м/с²

Питомий опір ґрунту (q): 26 кН/м² (чорнозем)

Ширина захвату (B): 9 м

Глибина обробітку (h): 0.12 м

Розрахунок ваги на ведучих колесах (G) за формулою (2.5)

$$G = m \cdot g \cdot k \quad (2.5)$$

де m - маса трактора, т;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

k - коефіцієнт розподілу ваги на ведучі колеса;

$$G = 12 \times 9.81 \times 0.7 = 82.39 \text{ кН}$$

Розрахунок загального тягового опору агрегату (P) за формулою (2.6)

$$P = q \cdot B \cdot h \quad (2.6)$$

де q - питомий опір грунту, кН/м²

B – ширина захвату, м;

h – глибина обробітку, м.

$$P = 26 \times 9 \times 0.12 = 28.08 \text{ кН}$$

Розрахунок коефіцієнта тягового зусилля (φ) за формулою (2.4)

$$\varphi = 28.08 / 82.39 \approx 0.341$$

Коефіцієнт тягового зусилля агрегату залежить від типу ґрунту. За розрахунками коефіцієнт тягового зусилля агрегату, що включає трактор К-700 та культиватор КПШ - 9 з голчастими дисками, на чорноземному ґрунті становить приблизно 0.341. Це свідчить про задовільне зчеплення та ефективність передачі тягового зусилля на ґрунт.

2.6 Прогнозована продуктивність агрегату

Під продуктивністю агрегату розуміють кількісний обсяг роботи належної якості, який виконується за певний проміжок часу. Цей обсяг може виражатися через площу обробки, масу продукції, пройдену відстань тощо. Найчастіше одиницею вимірювання часу слугує година, робоча зміна, день або доба.

Залежно від характеру виконуваних робіт, продуктивність оцінюється по-різному. Наприклад, під час виконання польових робіт (оранка, сівба, збирання врожаю) її вимірюють у гектарах обробленої або зібраної площі. У процесах, пов’язаних із масовим виходом продукції (молотьба, заготівля кормів, очищення зерна), показником є тонна готової продукції. Для транспортних засобів продуктивність зазвичай визначають у тонно-кілометрах, а під час вантажно-розвантажувальних операцій — у тоннах.

Загалом рівень продуктивності агрегатів безпосередньо впливає на загальну ефективність праці в агросекторі. Він показує обсяг роботи належної якості, виконаної за одиницю часу, або у вартісному еквіваленті — кількість створеної споживчої цінності. Вища якість виконаних операцій забезпечує вищу споживчу цінність результату. Якщо обсяг виробленої продукції однаковий, але якість її різниться, то продуктивнішою вважається праця того працівника, чий результат має вищу якість за аналогічний проміжок часу та в подібних умовах.

У сільському господарстві підвищення якості виконання робіт прямо сприяє зростанню врожайності, а отже — підвищенню загальної продуктивності праці.

Для визначення прогнозованої продуктивності агрегату (трактор К-700 з

модернізованим культиватором КПШ-9, обладнаним голчастими дисками) використовується формула експлуатаційної продуктивності (2.7):

$$W = (B \times V \times K_1 \times K_2) / 10 \quad (2.7)$$

де W – експлуатаційна продуктивність агрегату, га/год;

B – ширина захвату, м (для КПШ-9 – 9 м);

V – робоча швидкість, км/год (після модернізації – 8 км/год);

K_1 – коефіцієнт використання ширини захвату (приймається 0.95 для широкозахватних культиваторів);

K_2 – коефіцієнт використання змінного часу (приймається 0.88 для агрегату з трактором К-700).

Підставимо значення у формулу (2.7) :

$$W = (9 \times 8 \times 0.95 \times 0.88) / 10 = 6.02 \text{ га/год}$$

Отже, прогнозована експлуатаційна продуктивність агрегату після модернізації становить приблизно 6.02 га/год.

2.7 Витрати паливно – мастильних матеріалів для агрегата

Витрати паливо-мастильних матеріалів (ПММ) для сільськогосподарських агрегатів визначаються залежно від режиму роботи, типу ґрунтів, агротехнічних вимог і технічного стану машини. У нормативних документах і підручниках подано орієнтовні питомі витрати пального для тракторів різних класів у л/га або л/год.[13,14]

Для трактора К-700 з модернізованим культиватором КПШ-9, призначеним для передпосівного обробітку ґрунту на чорноземах проведемо розрахунок за питомою витратою пального на гектар, користуючись формулою (2.8)

$$Q = q \times S \quad (2.8)$$

де Q — загальні витрати пального, л;

q — питома витрата пального, л/га (для К-700 ≈ 18.0 л/га);

S — оброблена площа, га (приймаємо S = 48 га).

Розрахунок: $Q = 18.0 \times 48 = 864$ л

Також можна провести розрахунок за питомою витратою пального на годину (2.9)

$$Q = q \times T \quad (2.9)$$

де:

Q — загальні витрати пального, л;

q — питома витрата пального, л/год (для К-700 ≈ 28.0 л/год);

T — тривалість роботи, год (T = 8 год).

Розрахунок: Q = 28 × 8 = 224 л

Отримані результати демонструють, що витрати пального змінюються залежно від методу розрахунку. За розрахунком по площі: 864 л/зміну; за розрахунком по тривалості зміни: 224 л. Різниця обумовлена агрофоном, якістю культивації та реальним рівнем завантаження агрегату.

3.ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Охорона праці в аграрних підприємствах

Охорона праці в аграрному секторі - це система правових, соціально - економічних, організаційно - технічних, санітарно - гігієнічних та лікувально - профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження життя і здоров’я працівників сільського господарства в процесі трудової діяльності.

Сільське господарство — одна з найбільш небезпечних галузей через роботу з технікою, хімікатами та кліматичні умови. Необхідно дотримуватись вимог безпеки щодо технічного стану машин, електроустановок, роботи з пестицидами та забезпечення ЗІЗ.

У процесі експлуатації аграрної техніки працівники можуть піддаватися впливу різноманітних факторів, які негативно впливають на їх здоров’я та безпеку. Залежно від характеру дії, ці чинники умовно поділяються на кілька груп:

1. Фізичні фактори:

Рухомі механізми та вузли машин становлять небезпеку травмування внаслідок випадкового контакту.

Висока температура довкілля або окремих деталей техніки може спричинити перегрів організму або опіки.

Підвищений рівень пилу та шкідливих газів у повітрі робочої зони виникає внаслідок роботи двигунів, обробки ґрунту чи розкладання органічних матеріалів.

Гучні звуки та вібрація, які супроводжують роботу машин, мають негативний вплив на слух та опорно-руховий апарат.

Недостатнє або надмірне освітлення може знижувати точність виконання завдань і підвищувати ризик помилок.

Наявність електростатичних зарядів також може створювати потенційну загрозу безпеці.

2. Хімічні фактори:

Залишки пестицидів, гербіцидів, мінеральних добрив та інших хімікатів при їх застосуванні чи зберіганні можуть потрапити в організм через шкіру, органи

дихання або травлення.

Газоподібні продукти розкладання органіки, як-от метан, аміак чи сірководень, можуть бути токсичними і становити серйозну небезпеку в закритих приміщеннях.

3. Психофізіологічні фактори:

Фізичне навантаження внаслідок тривалого перебування за кермом, технічного обслуговування чи ручної праці.

Психоемоційне напруження, спричинене необхідністю концентрації, високою відповідальністю, стресовими умовами праці (шум, спека, запиленість, монотонність).

У процесі виконання ґрунтообробних, посівних і садильних робіт працівники сільського господарства стикаються з різноманітними небезпечними ситуаціями. Вони можуть бути спричинені як технічними несправностями машин, так і порушеннями правил експлуатації чи недотриманням вимог охорони праці. Відповідно, важливо враховувати можливі професійні ризики, які виникають під час роботи з такою технікою.

Серед найбільш поширених небезпек, що можуть виникати при використанні сільськогосподарських агрегатів, варто зазначити:

1. перекидання машини або робочого агрегату внаслідок нерівностей рельєфу, помилок в керуванні чи технічних несправностей;
2. несподіване опускання навісного обладнання, що може бути викликане порушенням у роботі гідросистеми або неправильним регулюванням;
3. ризик травмування працівника внаслідок контакту з рухомими деталями машин — ланцюгами, валами, шківами тощо;
4. можливість наїзду на працівника або перешкоду в разі поганої видимості, недостатньої уваги з боку оператора чи порушення техніки безпеки;
5. падіння робочих знарядь, зокрема при монтажі, демонтажі або зберіганні без належного кріплення;
6. нестійке положення агрегатованої техніки, що може призвести до її зміщення або перевертання;
7. випадкове падіння працівника з робочих площадок машин або тракторів;

8. від’єднання причіпного обладнання під час руху через пошкодження зчіпного механізму або неправильне агрегатування.

Окрему групу професійних ризиків становить використання пестицидів та інших агрохімікатів. При внесенні цих речовин важливо враховувати не лише механічні, а й хімічні фактори небезпеки.

Основні ризики під час роботи з хімікатами включають:

1. потрапляння парів хімічних речовин у зону дихання працівника, зокрема всередину кабіни трактора, що створює загрозу отруєння при тривалому вдиханні;
2. проникнення токсичних речовин в організм разом із їжею, водою або при контакті з відкритими ділянками шкіри, що можливо при порушенні правил особистої гігієни або відсутності належного захисту.

На агропідприємстві мають бути реалізовані:

- Інструктажі (вступний, первинний, повторний, позаплановий, цільовий);
- Навчання та перевірка знань;
- Медичні огляди;
- Розроблення інструкцій з охорони праці;
- Розслідування нещасних випадків.

У своїй діяльності агропідприємства мають суворо дотримуватись чинного законодавства щодо безпечної організації праці. Основним нормативним документом у цій сфері є Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, дія яких поширюється на всіх осіб — як юридичних, так і фізичних, — що здійснюють господарську діяльність у галузі сільського господарства з використанням найманої праці. Виконання вимог цих правил є обов’язковим для роботодавців і працівників на всіх етапах виробництва аграрної продукції.

Вимоги до техніки та робочих місць

1. Усе виробниче обладнання, яке використовується у роботі, повинно бути в справному стані та відповідати технічним нормам безпеки. Для машин, виготовлених після введення відповідних технічних регламентів,

обов’язковим є їх дотримання. У випадку старішого обладнання — воно має відповідати національним стандартам безпеки праці.

2. Якщо у процесі роботи техніки можливе виділення шкідливих речовин у повітря, необхідно встановлювати локальні витяжні вентиляційні системи. Їх робота повинна бути синхронізована із запуском основного обладнання.
3. Рівень шуму під час роботи машин не повинен перевищувати гранично допустимих норм. У разі перевищення — працівників необхідно забезпечити засобами захисту слуху.
4. Електропроводка в приміщеннях, де працює електрифіковане обладнання, має бути надійно ізольована та захищена від пошкоджень.
5. Всі трубопроводи та обладнання для роботи з агрохімікатами (особливо в теплицях) повинні бути герметичними та справними, щоб виключити витоки.
6. Гальмівні механізми на пристроях малої механізації (наприклад, візки, транспортери, талі) мають бути справними та автоматично блокуватися під час запуску.

Експлуатація сільськогосподарської техніки

1. Уся техніка (трактори, причепи, змінне обладнання тощо) повинна експлуатуватися згідно з технічною документацією виробника.
2. Частини машин, що обертаються або рухаються і становлять потенційну небезпеку, мають бути надійно закриті захисними кожухами.
3. Категорично заборонено використовувати несправну техніку, а також трактори без електростартерного запуску двигуна або із системами запуску, які не мають блокування під час ввімкненої передачі.
4. Перед початком роботи важливо впевнитися, що техніка не зможе зачепити лінії електропередач.
5. При переміщенні техніки обов’язково дотримуватись безпечної відстані між агрегатами.

Безпечне виконання польових робіт

1. Мінеральні добрива мають готуватись до внесення із застосуванням технічних засобів, що знижують пилоутворення. Працівники зобов’язані використовувати захисний спецодяг і засоби індивідуального захисту (маски, окуляри тощо).
2. Заборонено готувати пестицидні розчини вручну в польових умовах без механізації.
3. При розворотах агрегатів працівники повинні знаходитись поза зоною дії маркерів та навісного обладнання.
4. Одному працівнику заборонено одночасно обслуговувати дві й більше сівалки під час руху агрегату.
5. Завантаження насіння, садильного матеріалу та добрив у відповідні машини має бути механізованим. Ручне завантаження дозволяється тільки після повної зупинки агрегату та вимкнення двигуна.
6. Очищення, регулювання або заміна робочих органів навісного обладнання має виконуватись лише після його повної зупинки. Необхідно користуватися інструментами та захисними рукавицями, а також фіксувати обладнання, щоб уникнути його падіння.
7. Забороняється сідати на машини або злазити з них під час руху.
8. Сівачам не дозволяється перебувати на навісному обладнанні під час роботи агрегату. [15]

3.2 Вимоги безпеки при проведенні культивації

Ось основні вимоги безпеки при проведенні культивації, які потрібно дотримуватись для забезпечення охорони праці, збереження техніки та запобігання нещасним випадкам:

Вимоги безпеки при проведенні культивації

1. Загальні вимоги

До роботи допускаються лише особи, що пройшли інструктаж з охорони праці, мають відповідну кваліфікацію та медичний огляд.

Працівник повинен бути одягнений у спецодяг (костюм, взуття, головний убір) і за потреби ЗІЗ (окуляри, рукавички, навушники).

Заборонено працювати в нетверезому стані, під впливом наркотичних чи сильнодіючих препаратів.

2. Перед початком роботи

Провести технічний огляд трактора і культиватора: перевірити стан з’єднань, робочих органів, гідравліки, електропроводки, гальм.

Перевірити кріплення зчіпки і глибину обробітку.

Переконатися у відсутності людей або тварин у зоні роботи машин.

3. Під час виконання культивації

Заборонено:

Ставати між трактором і культиватором під час руху чи запуску двигуна.

Виконувати регулювання, змащення чи очищення агрегату під час роботи двигуна.

Перевищувати безпечну швидкість руху на оброблених і необроблених ділянках.

Тракторист зобов’язаний:

Постійно стежити за роботою культиватора і не допускати перевантаження або засмічення робочих органів.

У разі поломки — зупинити агрегат, заглушити двигун, поставити трактор на ручне гальмо.

4. Після завершення роботи

Очистити культиватор від землі, рослинних решток.

Вимкнути всі системи, зняти навісне обладнання (якщо потрібно).

Зробити запис у журналі технічного обслуговування про всі виявлені несправності.

5. Особливі умови безпеки

У дощову, туманну або темну погоду робота повинна проводитись лише при справному освітленні та за умови доброго огляду поля.

При пересуванні по дорогах загального користування — культиватор обов'язково підіймається, агрегат має бути позначений світловідбиваючими елементами.

4.ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

Експлуатаційні витрати – це сукупність витрат, пов'язаних з використанням машинно-тракторного агрегату під час виконання сільськогосподарських робіт. Основною метою обліку і розрахунку цих витрат є забезпечення ефективного використання техніки, планування виробничих витрат і оптимізація витрат пального, ресурсів та праці.

Усі витрати, пов'язані з використанням сільськогосподарських машин, умовно поділяють на дві основні категорії: прямі експлуатаційні та непрямі витрати.

До непрямих витрат належать, передусім, накладні витрати, пов'язані з утриманням управлінського та інженерного персоналу, допоміжних працівників, приміщень, споруд, придбанням інструментів, амортизацією техніки тощо. Через складність і варіативність таких витрат їх, як правило, не враховують під час оцінювання ефективності польових робіт.

Натомість основну увагу приділяють прямим експлуатаційним витратам — тим, що безпосередньо стосуються виконання конкретних технологічних операцій. Їх розраховують у грошовому еквіваленті на одну годину роботи машини, один гектар обробленої площі або на одну тонну отриманої продукції. [7] (рисунок 4.1).

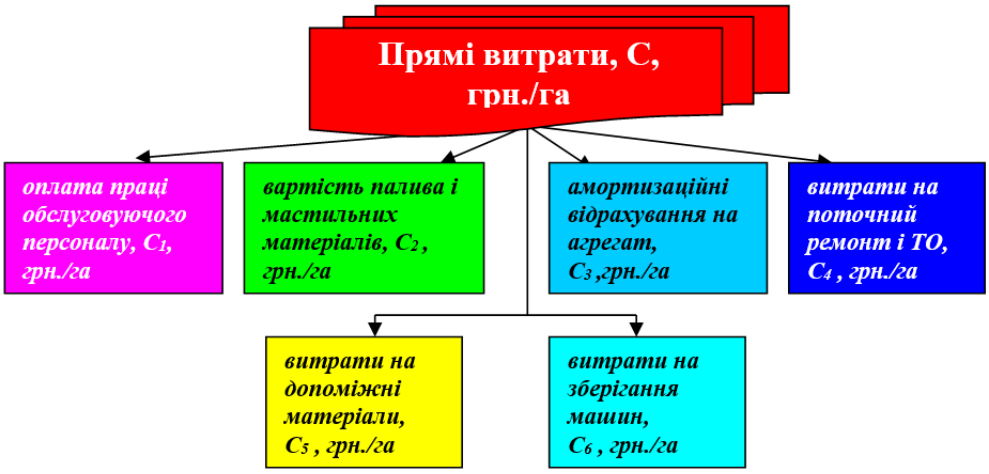


Рисунок 4.1 – Прямі експлуатаційні витрати

До основних складових експлуатаційних витрат належать:

До основних складових експлуатаційних витрат належать:

1. Витрати на паливо: залежить від типу машини, технологічного процесу, стану

ґрунту, погодних умов, глибини обробітку та ін.;

2. витрати на мастильні матеріали: обчислюються як частка від витрат пального (як правило, 4–6%);

3. Витрати на технічне обслуговування та ремонт: включають планові ТО, заміну вузлів, агрегатів, мастил і фільтрів;

4.витрати на оплату праці: залежать від норми часу, ставки оплати, кількості зайнятого персоналу;

5. амортизаційні відрахування: залежать від вартості техніки та строку її служби;

6. витрати на зберігання: враховують витрати на організацію умов безпечного зберігання техніки в міжсезоння.

Для оцінки економічної доцільності використання агрегату необхідно здійснювати постійний моніторинг витрат. Це дозволяє своєчасно виявляти технічні несправності, планувати модернізацію та оцінювати ефективність впроваджених змін, зокрема модернізації робочих органів, як у випадку з установкою голчастих дисків на КПШ-9.

Отже, для удосконалення можливостей старої моделі культиватора КПШ-9 було прийнято рішення про його модернізацію шляхом встановлення додаткових робочих органів – голчастих дисків.

Основні параметри модернізації:

- встановлення 8 голчастих дисків між плоскорізальними лапами.

Витрати, що будуть понесені в процесі модернізації:

- Вартість голчастих дисків: 8 шт × 1 200 грн = 9 600 грн
- Вартість конструкторської роботи: 60 нормо-годин × 250 грн/год = 15 000 грн
- Додаткові витрати (матеріали, креслення, накладні, ПДВ): 30% від суми = 7 380 грн.

Загальна вартість модернізації: 31 980 грн

Повна вартість оновленого агрегату

До модернізованого агрегату враховується також вартість базової старої моделі КПШ-9, яка становить орієнтовно 120 000 грн. Таким чином, загальна вартість модернізованого культиватора становить:

120 000 грн + 31 980 грн = 151 980 грн.

Модернізація культиватора КПШ-9 із встановленням голчастих дисків є технічно та економічно обґрунтованим рішенням. Загальні витрати становлять 31 980 грн, що є невеликим вкладенням у підвищення продуктивності, якості обробітку та довговічності агрегату. Оновлений культиватор залишається рентабельним та ефективним для використання в сучасному землеробстві.

Розрахуємо експлуатаційні витрати для модернізованого культиватора КПШ-9, що агрегатується з трактором К-700. Передбачено приблизний обробіток 500 гектарів на рік.

Основні вихідні дані:

Вартість модернізованого культиватора КПШ-9: 151 980 грн

Вартість дизельного пального: 60 грн/л

Витрати пального з трактором К-700: 9 л/га

Обробіток: 500 га/рік

Норма амортизації: 10%/рік

Витрати на ТО і ремонт: 5%/рік

Оплата праці механізатора: 100 грн/га

Інші змінні витрати: 5 грн/га

Експлуатаційні витрати на 500 га:

Витрати на пальне: 9 л/га × 60 грн/л × 500 га = 270 000 грн

Амортизація (10% від 151 980 грн): 15 198 грн

ТО і ремонт (5% від 151 980 грн): 7 599 грн

Оплата праці: 100 грн/га × 500 га = 50 000 грн

Інші витрати: 5 грн/га × 500 га = 2 500 грн

Загальна сума витрат:

Загальні витрати: 345 297 грн

Таким чином можна зробити висновок, що собівартість обробітку модернізованим культиватором КПШ-9 на 1 га: 690,60 грн/га.

Для порівняння проведемо розрахунок експлуатаційних витрат для немодернізованого культиватора КПШ-9, що агрегатується з трактором К-700 за

таким самим принципом. Обробіток складає 500 гектарів на рік.

Основні розрахункові припущення:

- Вартість немодернізованого КПШ-9: 120 000 грн
- Вартість дизельного пального: 60 грн/л
- Витрати пального з трактором К-700: 9 л/га
- Обробіток: 500 га/рік
- Норма амортизації: 10%/рік
- Витрати на ТО і ремонт: 5%/рік
- Оплата праці механізатора: 100 грн/га
- Інші змінні витрати: 5 грн/га

Експлуатаційні витрати на 500 га:

Витрати на пальне: 270 000 грн

Амортизація (10% від 120 000 грн): 12 000 грн

ТО і ремонт (5% від 120 000 грн): 6 000 грн

Оплата праці: 50 000 грн

Інші витрати: 2 500 грн

Загальна сума витрат:

Загальні витрати: 340 500 грн

Собівартість обробітку 1 га: 681,00 грн/га

Немодернізований культиватор КПШ-9 дозволяє забезпечити базову якість передпосівного обробітку ґрунту. Однак у порівнянні з модернізованою версією поступається за рівнем ефективності та агротехнічних показників. Модернізація з установкою голчастих дисків покращує якість розпушування і знижує необхідність додаткових проходів, що робить інвестиції у вдосконалення доцільними.

Модернізований культиватор КПШ-9 у поєднанні з трактором К-700 дозволяє ефективно обробляти великі площі з відносно невисокою собівартістю. Незважаючи на витрати на пальне, завдяки встановленню голчастих дисків підвищується якість обробітку та зменшуються витрати на повторні проходи, що робить модернізацію економічно доцільною.

Порівняння витрат щодо модернізованого і базового культиватора КПШ-9

наведено на рисунку 4.2 та в таблиці 4.1.

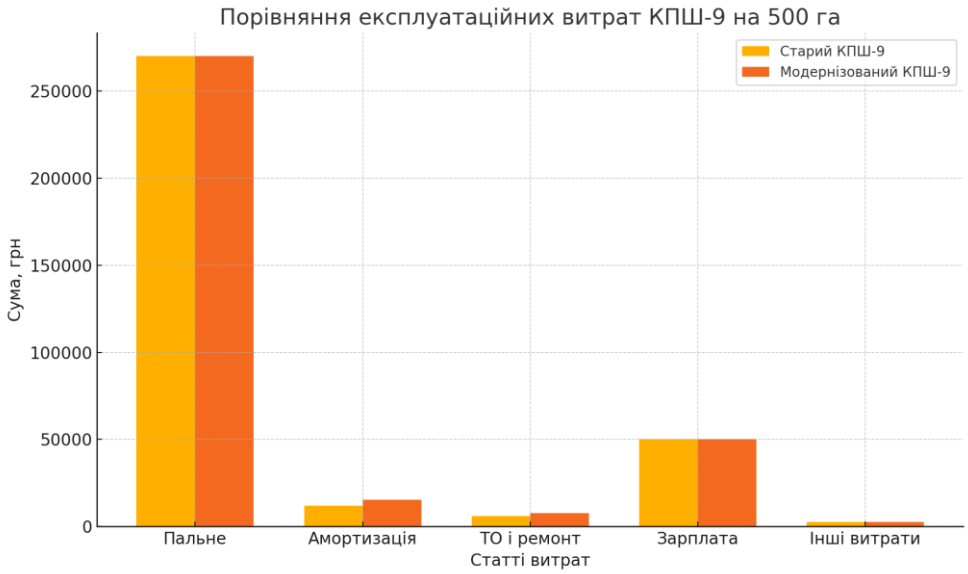


Рисунок 4.2 – Порівняння експлуатаційних витрат КПШ-9 на 500 га

Таблиця 4.1 - Порівняння експлуатаційних витрат КПШ-9 на 500 га

Стаття витрат	Немодернізований КПШ-9 (грн)	Модернізований КПШ-9 (грн)
Пальне	270 000	270 000
Амортизація	12 000	15 198
ТО і ремонт	6 000	7 599
Оплата праці	50 000	50 000
Інші витрати	2 500	2 500
Загальні витрати	340 500	345 297
Собівартість на 1 га	681,00	690,59

Модернізація культиватора КПШ-9 шляхом встановлення голчастих дисків призводить до незначного збільшення річних експлуатаційних витрат (менше ніж на 1%). Водночас покращується якість передпосівного обробітку, зменшується ущільнення ґрунту та покращується аерація. Це забезпечує економічну доцільність модернізації при довгостроковій експлуатації.

Нижче подано розрахунки витрат на технічне обслуговування (ТО), ремонт і

зберігання культиватора КПШ - 9 — як у немодернізованому вигляді, так і з урахуванням модернізації (встановлення голчастих дисків).

1. Витрати на технічне обслуговування (ТО)

Прийнято норматив — 2% від вартості машини на рік. Ця цифра враховує заміну масел, змащення, регулювання, огляди та інші планові роботи.
- Немодернізований КПШ-9: 100 000 грн × 0.02 = 2 000 грн/рік.
- Модернізований КПШ-9: 126 650 грн × 0.02 = 2 533 грн/рік.

2. Витрати на поточний ремонт

Норма — 1% від вартості машини на рік. Модернізація збільшує складність і кількість елементів, що зумовлює дещо вищі витрати на ремонт.
- Немодернізований КПШ - 9: 100 000 грн × 0.01 = 1000,00 грн/рік
- Модернізований КПШ-9: 126 650 грн × 0.01 = 1 266,50 грн/рік

3. Витрати на зберігання

Норма — 0.5% від вартості машини на рік. Сюди входить оренда площі, консервація, захист від атмосферних впливів та охорона.
- Немодернізований КПШ-9: 100 000 грн × 0.005 = 500 грн/рік
- Модернізований КПШ-9: 126 650 грн × 0.005 = 633,25 грн/рік.

У таблиці 4.2 наведено порівняння витрат технічне обслуговування (ТО), ремонт і зберігання культиватора КПШ – 9.

Таблиця 4.2 - Порівняльна таблиця витрат технічне обслуговування (ТО), ремонт і зберігання культиватора КПШ - 9

Тип	ТО (грн)	Ремонт (грн)	Зберігання (грн)	Разом (грн)
КПШ-9 (базовий)	2000,00	1000,00	500,00	3500,00
КПШ-9 (модернізований)	2533,00	1266,00	633,25	4432,75

Вартість технічного обслуговування, ремонту та зберігання збільшується після модернізації приблизно на 932 грн/рік. Це пояснюється збільшенням вартості машини та кількості обслуговуваних вузлів. Водночас підвищується якість обробітку ґрунту та знижується потреба в додаткових агрегатах, що компенсує ці витрати у перспективі.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розроблено та технічно обґрунтовано удосконалення технології передпосівного обробітку ґрунту шляхом модернізації конструкції культиватора КПШ-9. Основна ідея полягала у встановленні між плоскорізальними лапами додаткових робочих органів голчастого типу, що забезпечують інтенсивніше розпушення верхнього шару ґрунту, покращення кришення та підвищення якісних показників обробітку.

У процесі роботи проведено:

- аналіз існуючих технологічних схем обробітку ґрунту;
- вибір доцільного шляху модернізації культиватора;
- розробка ескізів і технічного креслення модернізованого агрегата;
- розрахунок витрат на виготовлення, експлуатацію, ремонт та технічне обслуговування.

Після впровадження модернізації було встановлено:

- підвищення агротехнічної якості обробітку за рахунок покращення структури оброблюваного шару ґрунту;
- зменшення ущільнення завдяки рівномірному впливу додаткових дискових елементів;
- зниження кількості проходів по полю, що призводить до економії пального та зменшення витрат часу;
- загальне підвищення ефективності агрегата при збереженні сумісності з потужними тракторами типу К-700.

Економічний аналіз показав, що незначне збільшення експлуатаційних витрат (приблизно на 25%) повністю компенсується за рахунок зменшення витрат на додаткові обробітки, підвищення врожайності та довговічності техніки. Отже, запропонована модернізація є технічно обґрунтованою, економічно доцільною та спрямованою на підвищення ефективності сучасного землеробства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Звіт про стратегічну екологічну оцінку стратегії розвитку Черкаської області на період 2021 – 2027 роки. - К.: Інститут зеленої економіки, 2020.

2. Господаренко Г.М., Єщенко В.О. Система технологій в рослинництві. – У.:, 2008.

3. Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. Машиновикористання та екологія довкілля. – К.: Грамота, 2007.

4. Ільченко В.Ю. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. – К.: Урожай, 1993.

5. Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб.- К.: Аграрна освіта, 2010.

6. Карасюк І.М. Технологія виробництва продукції сільського господарства.- К.: Вища школа, 1993.

7. Експлуатація машин і обладнання. Конспект лекцій для здобувачів вищої освіти рівня «бакалавр» спеціальності 208 «Агроінженерія» освітньої програми «Агроінженерія».- У.: Уманський НУС, 2020.

8. Головатюк А.А., Олядничук Р.В., Кравченко В.В., Худік Л.М., Петриченко Є.А. Методичні вказівки для виконання лабораторно-практичних занять з дисципліни “Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва. Розділ 1 “Сільськогосподарські машини”, спеціальності – 201 «Агрономія».

9. Іванов Є. О. Експлуатація машинно-тракторного парку, електронний ресурс.

10. Гетьман В. Г., Дмитренко О. І. Сільськогосподарські машини. Конструкція, робота, розрахунки. — К.: Урожай, 2008.

11. Васильєв О. С. Теорія сільськогосподарських машин. — К.: Вища школа, 1991.

12. Аніскевич Л.В. Сільськогосподарські машини, Подільський державний аграрно-технічний університет, 2017.

13. Глушко П.А., Шутько А.І. Основи механізації сільськогосподарського виробництва. — Х.: Основа, 2012.

14. Методика визначення витрат ПММ у сільському господарстві. — Мінагрополітики України, 2009.

15. Міністерство соціальної політики України Наказ від 29.08.2018 № 1240 «Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві»

ДОДАТОК А

Коротка технічна характеристика основних марок плугів загального призначення

Марка плуга	Марка трактора	Глибина оранки, см	Ширина захвату плуга, м	Маса плуга, кг	Продуктивність, га/год
ПЛН-3-35	МТЗ-80/82 ПМЗ-80/82	18–30	1,05	475	0,73–0,94
ПЛН-4-35	ДТ-75М Т-150	18–30	1,4	675	0,98–1,26
ПНУ-4-40	Т-150 Т-150К	до 35	1,6	860	0,9–1,3
ПЛН-5-35	Т-150К; Т-150 ВТ-100	18–30	1,75	900	0,98–1,26
ПМУ-4-40	ДТ-75М; Т-150	18–30	1,4–1,8	770	1,2–1,4
ПНЯ-4-35	Т-150 Т-150К	До 30	1,4	860	до 1,56
ПНЯ-4-42	Т-150К ХТЗ-17021	25–35	1,73	1050	1,2–1,55
ПНЛ-8-40	К-701	20–30	3,2	2150	2,2–2,8
ПП-8-35	К-701 «Джон-Дір»	20–30	2,8	2500	1,96–2,8
ПНУ-8-40	«Джон-Дір» К-701	18–35	2,8–4,0	3300	2,2–3,2
ПО-4-40	Т-150К, ХТЗ-17021	до 30	1,4–1,8	1310	0,98–1,8
ПОН-5-40	Т-150К; ХТЗ-17021 ХТЗ-161	18-35	1,75–2,4	2700	1,4–1,9
ПНО-6	К-701	до 32	2,4	2350	1,44–1,92
ПОН-7-40	К-701, К-700А	18–35	2,8	3200	1,9–2,8
ПНО-8-40	К-701	до 35	3,2	2040	1,68–2,28
ПН-10-35	К-701	до 35	3,5	2645	до 4,0
ПЧ-4,5	К-701	20–45	4,5	1900	до 3,2
ПРПВ-5-50	ХТЗ-17021 К-701	20–45	2,5	1310	1,6–2,25

ДОДАТОК Б

Основні функції голчастих дисків

Функція	Пояснення
Дрібне поверхневе рихлення	Диски заглиблюються на 3–6 см і руйнують ґрунтову кірку без перемішування шарів.
Знищення сходів бур’янів	Проколювання та часткове висмикування бур’янів на ранніх фазах розвитку.
Створення мульчуючого шару	Розпушений верхній шар з рештками рослин перешкоджає випаровуванню вологи.
Покращення аерації ґрунту	Після проколювання кисень краще проникає до кореневої зони.
Закриття вологи після дощу	Голчасті диски руйнують кірку та «запечатують» капіляри для збереження вологи.
Дроблення грудок	Особливо ефективно на середніх і важких ґрунтах після дощів або переущільнення.
Підготовка посівного ложа	Створюється оптимальна структура поверхні перед посівом.
Покращення контактів добрив із ґрунтом	Якщо добрива розкидані поверхнево — диски частково їх вмішують у ґрунт.