ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка
до дипломного проекту
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

Удосконалення механізації безполицевого обробітку грунту з розробкою конструкції культиватора-плоскоріза

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Волков Микита Сергійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро, 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о Завідувач кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
доцент (вчене звання)
_____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____2026р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Волкову Микиті Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Удосконалення механізації безполицевого обробітку грунту з розробкою конструкції культиватора-плоскоріза

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 05 » 05. 2026 року № 912

2. **Строк подання студентом роботи** 12.06.2026

3. **Вихідні дані до проекту** Механіко-технолошічні властивості грунту. Огляд стану питання існуючого знаряддя для плоскорізного обробітку грунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1.Причини ерозії грунту. 2. Огляд конструкцій культиваторів-плоскорізів. 3.Обгрунтування запропонованої конструкції машини. 4.Охорона праці та захист в навколишнього середовища.6.Техніко-економічна оцінка проекту. Висновки. Перелік використаних джерел.

5. **Перелік графічного матеріалу**:
1. Огляд конструкцій культиваторів-плоскорізів. (А1). 2. Культиватор-плоскоріз (А1). 3. Лапа плоскорізальна (А1). 4. Опора (А2), 5. Стояк (А2), 5. Економічні показники (А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В.., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Властивості грунту	до 10.04.2026	
2	Огляд конструкцій машин	до 26.04.2026	
3	Обґрунтування машини	до 05.05.2026	
4	Охорона праці	до 10.05.2026	
5	Економічний	до 20.05.2026	
6	Графічна частина	до 10.06.2026	

Студент _____ Волков М.С
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	52ДП.077.000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	74		
			Демонстраційні матеріали			
2	А4	52ДП.077.000.001.ОК	Огляд конструкцій	1	1	
3	А4		культиваторів плоскорізів			
4	А4	52ДП.077.000.002.СК	Культиватор-плоскоріз	1	3	
5	А4	52ДП.077.000.0023.СК	Лапа плоскорізальна	1	4	
6	А4	52ДП.077.000.004.	Опора	1	5	
7	А4	52ДП.077.000.005	Стояк	1	5	
8	А4	52ДП.077.000.006. Е	Економічні показники	1	6	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Да

52ДП.077.000.000 ПЗ

Розробив	Волков			Відомість дипломного проєкту	літе	аркуш 4	аркуші
Перевірив	Теслюк Г.В						
Т. контр					ДДАЕУ		
Н. контр.	Золотовська						
Затверд.	Теслюк Г.В						

АНОТАЦІЯ

Волков М.С. Удосконалення механізації безполицевого обробітку грунту з розробкою конструкції культиватора-плоскоріза / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 Агроінженерія. - ДДАЕУ, Дніпро,- 2026

У дипломному проєкті розглянуто питання удосконалення технології безполицевого обробітку ґрунту шляхом розробки конструкції плоскорізного робочого органу. Проведено аналіз існуючих машин і знарядь для поверхневого та глибокого обробітку ґрунту, зокрема культиваторів, плоскорізів і чизельних агрегатів, визначено їх переваги та недоліки.

У результаті виконаного аналізу обґрунтовано доцільність створення плоскорізної лапи з удосконаленою геометрією, яка забезпечує раціональний характер взаємодії з ґрунтовим середовищем. Запропоновано конструкцію робочого органу, що сприяє покращенню якості розпушення ґрунту, зменшенню тягового опору та підвищенню протиерозійної стійкості обробленого шару.

У роботі наведено опис конструкції та принципу дії запропонованого плоскоріза, виконано конструктивні розрахунки на міцність основних елементів, визначено тяговий опір, необхідну потужність трактора та витрати палива агрегату. Проведено енергетичну оцінку роботи машини та встановлено її ефективність у заданих умовах експлуатації.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища. Показано, що використання плоскоріза сприяє зменшенню ерозійних процесів, збереженню вологи та покращенню структури ґрунту.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ І ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ЙОГО ЕРОЗІЇ 10

1.1. Загальна характеристика ґрунту як об’єкта механічного обробітку 10

1.2. Механіко-технологічні властивості ґрунту та їх вплив на процес обробітку 11

1.3. Основні причини ерозії ґрунту та агротехнічні вимоги до його обробітку 14

Висновки по розділу 17

2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ БЕЗ ОБЕРТАННЯ СКИБИ 19

Висновок по розділу 30

3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПЛОСКОРІЗА ЯК ПРОТИЕРОЗІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ 31

3.1. Опис конструкції та принцип роботи запропонованого плоскоріза. 31

3.2. Обгрунтування форми плоскорізальної лапи та її конструктивні розрахунки 34

3.3 Розрахунок робочого органу на міцність 40

3.4. Розрахунок болтового кріплення опори до рами 42

3.5 Розрахунок тягової потужності та енергетична оцінка плоскоріза ... 44

3.6. Розрахунок витрат палива агрегату з плоскорізом 49

Висновок по підрозділу 52

4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПЛОСКОРІЗА 53
4.1. Загальні положення з охорони праці при роботі з плоскорізом 53
4.2. Вимоги безпеки під час агрегатування, роботи та технічного обслуговування 54
4.3. Пожежна безпека при експлуатації агрегату 55
4.4. Заходи із захисту навколишнього середовища 56
Висновки по розділу 57
5. ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ 59
Висновок по розділу 61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 62
ЛІТЕРАТУРА 64
ДОДАТКИ 67

ВСТУП

Розвинене сільське господарство неможливе без сучасної технічної бази, яка забезпечує ефективне виконання всіх основних виробничих процесів. Жодна держава з потужним аграрним потенціалом не може впевнено утримувати конкурентні позиції на ринку сільськогосподарської продукції та продовольства без власного виробництва машин і обладнання для механізації галузі. Це повною мірою стосується й України, де питання створення, удосконалення та освоєння випуску нової сільськогосподарської техніки має особливе значення. Розв'язання цього завдання потребує об'єднання зусиль науковців, інженерів, конструкторів і виробничників, оскільки лише комплексний підхід дає можливість забезпечити аграрне виробництво конкурентоспроможними технічними засобами.

Разом із технічним переоснащенням аграрної сфери дедалі більшої актуальності набуває проблема збереження родючості ґрунтів. Останніми десятиліттями в землеробстві дедалі виразніше проявляються негативні процеси, пов'язані з погіршенням фізичного стану орних земель. Це стосується і українських чорноземів, які зазнають виснаження внаслідок інтенсивного та не завжди раціонального використання. Зменшення вмісту гумусу, скорочення товщини гумусового шару, руйнування структури ґрунту та ущільнення нижніх горизонтів є серйозними ознаками деградації земельних ресурсів. Однією з причин такого стану стало широке застосування технологій, що передбачають багаторазові проходи по полю важких машинно-тракторних агрегатів [1,2]

Особливо це характерно для технологій, у яких використовуються ґрунтообробні машини з дисковими робочими органами. Для роботи на щільних або необроблених ґрунтах такі машини потребують значної маси, оскільки саме вага забезпечує заглиблення дисків на необхідну глибину. У результаті зростає тиск на ґрунт, погіршується його структура, посилюється

ущільнення орного і підорного шарів, що в подальшому негативно впливає на водно-повітряний режим та розвиток рослин.

На практиці підготовка ґрунту під сільськогосподарські культури часто здійснюється поетапно, із застосуванням одноопераційних машин у кілька проходів. Такий підхід не завжди є виправданим з агрономічної точки зору, оскільки спричиняє низку небажаних наслідків. Насамперед це посилення водної та вітрової ерозії, через яку втрачається найцінніший родючий шар ґрунту. Крім того, багаторазове пересування важких агрегатів полем викликає переущільнення, яке поширюється не лише на поверхневий, а й на глибші шари ґрунту. Через це підвищується щільність орного горизонту, утворюються великі щільні брили, які складно піддаються подальшому розпушенню [3,4]

Водночас повністю відмовитися від обробітку ґрунту неможливо, оскільки саме він залишається важливою умовою формування високої культури землеробства та одержання стабільних урожаїв. Тому одним із головних завдань сучасного сільськогосподарського машинобудування є створення таких ґрунтообробних машин, які б забезпечували якісний обробіток за мінімальної кількості проходів по полю і водночас не викликали надмірного ущільнення ґрунту своєю масою.

У даній дипломній роботі розглядається питання удосконалення основного обробітку ґрунту шляхом застосування плоскоріза. Запропонована конструкція спрямована на зменшення негативного впливу традиційних технологій на стан ґрунту та може стати одним із напрямів вирішення проблеми його переущільнення і деградації.

1. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ҐРУНТУ І ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ЙОГО ЕРОЗІЇ

1.1. Загальна характеристика ґрунту як об’єкта механічного обробітку

Ґрунт є складним природним багатокомпонентним утворенням, яке сформувалося внаслідок тривалого впливу фізичних, хімічних, біологічних і антропогенних чинників на поверхневий шар земної кори. Він виконує надзвичайно важливу роль у сільськогосподарському виробництві, оскільки є основним середовищем для росту й розвитку рослин, акумулює вологу, поживні речовини, повітря та забезпечує формування врожаю. Саме тому ґрунт слід розглядати не лише як природне середовище, а і як безпосередній об’єкт механічного впливу при виконанні технологічних операцій.

У профілі ґрунту зазвичай виділяють три основні шари, які відрізняються між собою за фізичними, хімічними та механічними властивостями. Верхній шар є найбільш цінним у господарському відношенні, оскільки саме в ньому зосереджена основна частина гумусу, мікроорганізмів та кореневої системи культурних рослин. Цей горизонт характеризується найбільшою біологічною активністю та найвищою природною родючістю. У ньому накопичуються рослинні рештки, які в процесі розкладання перетворюються на органічну речовину, що сприяє утворенню стійкої ґрунтової структури.

Під орним шаром розташовується перехідний горизонт, який має світліше забарвлення та менший вміст гумусу. У ньому спостерігається послаблення біологічної активності, а також менша кількість поживних речовин. Нижче знаходиться материнська порода або підґрунтовий шар, що характеризується підвищеною щільністю та значною твердістю. Саме цей горизонт найменше піддається біологічному перетворенню і багато в чому визначає загальні властивості ґрунту даної місцевості.

Важливим показником родючості ґрунту є вміст гумусу. Його кількість залежить від кліматичних умов, типу рослинності, інтенсивності мікробіологічних процесів, а також від характеру сільськогосподарського використання земель. Для степової зони України, зокрема для умов Дніпропетровської області, характерні чорноземні ґрунти, які сформувалися під степовою рослинністю та містять значну кількість гумусових сполук. Саме вони надають ґрунту темного кольору, поліпшують водно-фізичні властивості та підвищують його стійкість до руйнування.

Чим вищий вміст гумусу у ґрунті, тим кращою є його структура, вища зв’язність частинок і стійкість до розпилення. За наявності кальцію ґрунтові частинки утворюють міцні агрегати, які добре поглинають та утримують вологу, зберігають пористість і чинять значний опір руйнуванню під дією зовнішніх навантажень. Ґрунти, бідні на гумус, навпаки, є менш структурними, швидше ущільнюються, втрачають водопроникність і значно легше піддаються ерозії.

У сучасному землеробстві ґрунт одночасно розглядається як середовище для росту рослин і як матеріал, що піддається механічній дії робочих органів машин. У процесі обробітку він деформується, розрізається, кришиться, ущільнюється або переміщується. Тому для правильного обґрунтування параметрів ґрунтообробних машин необхідно враховувати його будову, структурний стан, вологість, щільність та інші властивості, які визначають характер взаємодії з робочими органами.

1.2. Механіко-технологічні властивості ґрунту та їх вплив на процес обробітку

Якість виконання технологічних операцій обробітку ґрунту значною мірою залежить від його механічних, фізичних і технологічних властивостей. Саме ці показники визначають тяговий опір машин, ступінь

кришення скиби, глибину проникнення робочих органів, інтенсивність налипання ґрунту на поверхні деталей, а також загальну енергоємність процесу.

До механічних властивостей ґрунту належать характеристики, що описують його поведінку під дією зовнішнього навантаження. Вони відображають здатність ґрунту чинити опір стисканню, зсуву, розтягу та іншим видам деформації. Найбільш важливими серед них є твердість, коефіцієнт об’ємного зминання, коефіцієнт зчеплення, коефіцієнт внутрішнього тертя, межа пружності, межа текучості та коефіцієнт Пуассона. Усі ці показники мають істотне значення при виборі типу робочих органів, визначенні режимів їх роботи та розрахунку енергетичних параметрів агрегатів.

Твердість ґрунту характеризує його здатність чинити опір вдавлюванню стороннього тіла. Вона залежить від вологості, щільності, гранулометричного складу та ступеня ущільнення. За збільшення твердості зростає опір заглибленню робочих органів, що зумовлює необхідність підвищення тягового зусилля агрегату. Коефіцієнт об’ємного зминання відображає здатність ґрунту до ущільнення під навантаженням і є важливим при оцінці впливу ходових систем машин на орний та підорний горизонти.

Під час зсувних деформацій особливе значення мають коефіцієнт зчеплення та коефіцієнт внутрішнього тертя. Ці показники характеризують міцність зв’язків між частинками ґрунту і визначають силу, необхідну для його підрізання та руйнування. Чим більші значення цих параметрів, тим більший опір виникає при роботі плугів, культиваторів, чизелів чи плоскорізів. У ґрунтах із підвищеною вологістю зсувна міцність може змінюватися досить істотно, що впливає на стабільність технологічного процесу.

Окрему групу становлять механіко-технологічні властивості ґрунту. На відміну від суто механічних, вони залежать не лише від самого ґрунту, а

й від характеру його контакту з робочими поверхнями машин. До них відносять коефіцієнт тертя по сталі, чавуну, полімерних матеріалах, а також липкість. Ці властивості мають особливе значення в умовах підвищеної вологості, коли ґрунт інтенсивно налипає на робочі органи, зменшує якість обробітку та збільшує енерговитрати [5].

Липкість ґрунту є однією з найважливіших характеристик, що впливає на експлуатаційні показники машин. Вона зумовлює налипання ґрунтової маси на поверхні лемешів, полиць, дисків, лап і стійок, унаслідок чого змінюється геометрія робочих органів, погіршується стабільність глибини обробітку і зростає тяговий опір. Тому при проектуванні сільськогосподарських машин важливо враховувати умови їх роботи та підбирати такі матеріали і форми поверхонь, які зменшують налипання та забезпечують самоочищення.

До технологічних властивостей ґрунту належать структурний склад, пористість, водопроникність, середній розмір агрегатів, коефіцієнт різнозернистості та інші показники, що характеризують результат дії робочих органів на ґрунтовий масив. Саме вони визначають якість підготовки поля до сівби, здатність ґрунту накопичувати та зберігати вологу, а також створювати сприятливі умови для проростання насіння і розвитку кореневої системи рослин.

Особливу увагу слід приділяти структурному стану ґрунту. Для забезпечення стійкості до вітрової ерозії важливо, щоб у поверхневому шарі містилася достатня кількість агрегатів розміром понад 1 мм. Якщо їх частка перевищує 60 % маси сухого ґрунту, то такий ґрунт можна вважати відносно стійким до руйнівної дії повітряного потоку. Добре оструктурений ґрунт має вищу водопроникність, краще утримує вологу і менше схильний до утворення пилуватої фракції [9].

Механічний склад ґрунту також істотно впливає на його технологічні властивості. Легкі піщані та супіщані ґрунти легше розпилюються і швидше

втрачають вологу, тоді як важкі суглинкові та глинисті ґрунти характеризуються більшою зв’язністю, але водночас сильніше ущільнюються і можуть утворювати великі брили. У зв’язку з цим одна і та сама машина може працювати по-різному на різних типах ґрунтів, що необхідно враховувати при виборі конструкції та режимів роботи.

Таким чином, механіко-технологічні властивості ґрунту безпосередньо визначають характер його взаємодії з робочими органами, енергоємність процесу обробітку, якість розпушення, рівномірність глибини обробітку та протиерозійну ефективність застосованої технології.

1.3. Основні причини ерозії ґрунту та агротехнічні вимоги до його обробітку

Однією з найнебезпечніших проблем сучасного землеробства є ерозія ґрунту, яка призводить до втрати родючого шару, погіршення агрофізичних властивостей і зниження врожайності сільськогосподарських культур. Під ерозією розуміють процес руйнування, переміщення та часткового або повного винесення верхнього шару ґрунту під дією води, вітру або антропогенного навантаження. У природних умовах ці процеси можуть відбуватися повільно, однак за інтенсивного господарського використання земель вони значно прискорюються.

Для ґрунтів степової зони особливо небезпечною є вітрова ерозія. Вона проявляється на полях, де поверхня залишається відкритою, а верхній шар ґрунту пересушений, розпилений і недостатньо захищений рослинними рештками. За таких умов навіть помірний вітер може переносити дрібні ґрунтові частинки на значні відстані, що призводить до втрати найбільш родючої частини орного шару. Найбільш інтенсивно вітрова ерозія розвивається на легких за механічним складом ґрунтах і на ділянках, де вміст гумусу є недостатнім [10].

Не менш шкідливою є водна ерозія, яка виникає під час злив, танення снігу або стікання води по поверхні поля. Вона супроводжується змиванням ґрунтових частинок, утворенням мікрорельєфних нерівностей, промоїн і ярів. Особливо інтенсивно водна ерозія проявляється на схилах, а також на полях, де структура ґрунту порушена, а поверхня не захищена стернею чи пожнивними рештками.

Однією з головних причин посилення ерозійних процесів є недосконала технологія обробітку ґрунту. Традиційна система, що передбачає багаторазові проходи однооперaційних агрегатів, часто призводить до надмірного розпушення верхнього шару, руйнування ґрунтової структури та знищення рослинного покриву. У результаті ґрунт стає менш стійким до дії атмосферних чинників. Крім того, багаторазовий обробіток потребує значної кількості проходів важких машин, що спричиняє переущільнення орного та підорного горизонтів.

Переущільнення ґрунту є ще одним важливим чинником його деградації. Воно виникає внаслідок дії масивних машинно-тракторних агрегатів, особливо за роботи на вологому полі. Ущільнений ґрунт втрачає пористість, погіршується його повітряний та водний режим, зменшується проникнення коренів у глибші горизонти. Одночасно руйнується грудкувата структура, утворюються щільні брили, які важко піддаються подальшому розпушенню. Це не лише погіршує умови росту рослин, а й підвищує ризик розвитку ерозійних процесів.

До причин ерозії слід також віднести зниження вмісту гумусу, спалювання або видалення пожнивних решток з поля, недотримання сівозміни, обробіток ґрунту вздовж схилу, а також застосування техніки, що не забезпечує протиерозійного ефекту. Втрата органічної речовини призводить до ослаблення зв’язків між частинками ґрунту, зниження його структурності та водостійкості. За таких умов верхній шар легко руйнується і переноситься вітром або водою.

У зв’язку з цим система обробітку ґрунту повинна відповідати ряду агротехнічних вимог, спрямованих на збереження його родючості та захист від ерозії. Насамперед після проходу ґрунтообробного агрегату на поверхні поля має залишатися не менше 75 % пожнивних і рослинних решток. Вони виконують функцію природного захисного екрану, зменшуючи швидкість вітру біля поверхні ґрунту, послаблюючи дію дощових крапель і сприяючи накопиченню вологи. Кількість ерозійно небезпечних частинок у верхньому шарі має бути мінімальною і не перевищувати допустимих значень.

Обробіток повинен здійснюватися на задану агротехнічну глибину з допустимим відхиленням не більше ±2 см. Це забезпечує рівномірне розпушення орного шару і виключає надмірне заглиблення чи оголення підорного горизонту. Після проходу агрегату поверхня поля повинна залишатися рівною, при цьому висота утворених гребенів не має перевищувати 5 см. Важливо також, щоб робочі органи не забивалися бур’янами та рослинними рештками, оскільки це погіршує якість обробітку й призводить до появи необроблених ділянок [15].

Особлива увага повинна приділятися якості стикування проходів агрегату. Огріхи між суміжними проходами не допускаються більш як на 10 см, оскільки це погіршує рівномірність обробітку і може спричиняти розвиток бур’янів або локальні порушення водного режиму. Усі ці вимоги є обов’язковими при застосуванні сучасних протиерозійних технологій обробітку ґрунту.

Установлено, що важливим показником стійкості ґрунту до ерозії є його структурний стан. За наявності достатньої кількості водостійких агрегатів і високого вмісту гумусу ґрунт краще протистоїть руйнуванню під дією вітру і води. Натомість малогумусні, пересушені та розпилені ґрунти є найбільш небезпечними з точки зору розвитку ерозійних процесів.

Отже, запобігання ерозії ґрунту можливе лише за умови раціонального поєднання агротехнічних заходів, науково обґрунтованої

системи землеробства та використання ґрунтообробних машин, які мінімально порушують природну структуру ґрунту, зберігають рослинні рештки на поверхні та забезпечують необхідну якість основного обробітку.

Висновки по розділу

1. У результаті розгляду механіко-технологічних властивостей ґрунту встановлено, що ґрунт є складною багатофазною системою, стан якої значною мірою визначає ефективність виконання технологічних операцій у рослинництві. Його будова, вміст гумусу, щільність, вологість, структурний стан і механічний склад безпосередньо впливають на характер взаємодії з робочими органами ґрунтообробних машин.

2. Визначено, що до найбільш важливих механічних властивостей ґрунту належать твердість, зсувна міцність, коефіцієнт внутрішнього тертя, коефіцієнт зчеплення та показники деформаційної здатності. Саме вони обумовлюють тяговий опір агрегатів, глибину проникнення робочих органів у ґрунт і якість його розпушення. Поряд із цим механіко-технологічні властивості, зокрема коефіцієнти тертя і липкість, істотно впливають на налипання ґрунту на робочі органи та на стабільність технологічного процесу.

3. На підставі виконаного аналізу можна зробити висновок, що сучасні ґрунтообробні машини повинні не лише забезпечувати необхідну глибину та якість обробітку, а й відповідати протиерозійним вимогам. Вони мають мінімізувати кількість проходів по полю, зберігати пожнивні рештки на поверхні, не допускати переущільнення ґрунту та сприяти збереженню його родючості. Саме врахування механіко-технологічних властивостей ґрунту є основою для обґрунтування конструкції та параметрів перспективних ґрунтообробних машин.

2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ БЕЗ ОБЕРТАННЯ СКИБИ

У сучасному світовому сільськогосподарському машинобудуванні значна увага приділяється створенню ґрунтообробних машин, які забезпечують ефективне розпушування ґрунту на значну глибину без перевертання скиби. До таких машин належать сучасні культиватори-розпушувачі, що застосовуються в системах безвідвального обробітку. Одним із прикладів такої техніки є культиватор-розпушувач типу «Полумаг» фірми «RAU» (Німеччина), який призначений для глибокого обробітку ґрунту на глибину 25-30 см.

Особливістю таких машин є те, що вони поєднують високу універсальність із можливістю адаптації до різних ґрунтово-кліматичних умов. Конструкція культиватора побудована таким чином, що окремі робочі органи можуть використовуватися як у складі загального агрегату, так і самостійно, залежно від технологічного завдання. Завдяки цьому забезпечується гнучке компонування машини, що дає змогу підбирати оптимальне поєднання робочих елементів для обробітку ґрунтів різного механічного складу, вологості та ступеня ущільнення.

До складу робочих органів таких культиваторів входять спеціальні широкозахватні лапи, нівелювальні диски, бокові лемеші та різні типи котків. Зокрема, лапи шириною 450 мм забезпечують підрізання і розпушення ґрунтового шару по всій ширині захвату, що сприяє якісному руйнуванню ущільнених горизонтів та одночасному підрізанню бур’янів. Нівелювальні диски діаметром 450 мм, обладнані механізмом регулювання висоти, служать для вирівнювання поверхні поля після проходу лап і покращення якості передпосівного стану ґрунту. Бокові лемеші сприяють більш рівномірному розподілу ґрунту в зоні обробітку, а набір котків

дозволяє адаптувати машину до різних умов експлуатації - від легких сухих до важких і вологих ґрунтів.

Важливою конструктивною перевагою цих культиваторів є значна висота розміщення лап - близько 790 мм. Таке технічне рішення забезпечує стабільне проходження рослинних решток і ґрунтової маси через робочу зону без забивання навіть за умови великої глибини обробітку. Унаслідок цього машина може надійно працювати на полях із великою кількістю стерні, пожнивних решток або після попередників, що залишають значну масу рослинних залишків.

Робоча ширина культиватора становить 3,8 м, що забезпечує достатньо високу продуктивність при виконанні глибокого безвідвального обробітку. Для ефективної роботи такого агрегату потрібен трактор потужністю близько 120 к. с., що свідчить про відносно помірну енергоємність машини для даного виду операцій. Це робить її придатною для використання в господарствах середнього та великого масштабу, де важливо поєднати продуктивність, якість розпушування та збереження структури ґрунту.

Серед вітчизняних машин, які за своїм призначенням і технологічною дією є близькими до зазначених культиваторів-розпушувачів, можна назвати ККП-3,6 (рис.2.1.), ККП-4,5 та КШН-6. Ці машини також застосовуються для безвідвального обробітку ґрунту, розпушення ущільнених шарів, підрізання бур’янів і часткового вирівнювання поверхні поля. Вони є прикладом розвитку вітчизняного напрямку створення ґрунтозахисної техніки, орієнтованої на зменшення ерозійних процесів, збереження вологи та підтримання родючості ґрунту.



Рис. 2.1. Культиватор-розпушувач дисковий ККП-3,6.

Дискові культиватори ККП-3,6 та ККП-4,5 (рис. 2.1) є комбінованими машинами, які дають можливість за один прохід виконувати комплекс основних операцій поверхневого обробітку ґрунту. У процесі роботи вони розпушують оброблюваний шар, інтенсивно перемішують ґрунт із рослинними рештками, подрібнюють грудки, вирівнюють поверхню поля та частково ущільнюють верхній шар. Завдяки цьому після проходу агрегату формується достатньо рівна поверхня, придатна для подальших технологічних операцій.

Якісне прикочування і ущільнення ґрунту забезпечується міцним пластинчастим котком, який стабілізує поверхневий шар і сприяє кращому контакту ґрунтових часток. Дискові робочі органи, у свою чергу, здійснюють підрізання, кришення та перемішування ґрунту, а також ефективно загортають стерньові залишки, що позитивно впливає на якість обробітку. Такі культиватори працюють на глибині від 5 до 18 см і агрегатуються з тракторами тягового класу 3.

На відміну від поширених конструкцій плоскорізів-щілинорізів, зокрема ПЩН-2,5М, а також інших машин для пошарового обробітку

ґрунту, які зазвичай оснащуються різними видами робочих органів, розміщених на окремих ярусах, у даній конструкції використано робочі органи одного типу. Їх особливістю є двоярусне розміщення стрілчастих важких культиваторних лап. Таке технічне рішення дає можливість забезпечити якісний обробіток ґрунту на глибину до 22 см. Якщо ж робочі органи розташовані у три яруси, глибина розпушування може досягати 30 см.

Завдяки цьому зазначені машини є досить універсальними, оскільки можуть застосовуватися як для основного, так і для поверхневого обробітку ґрунту. При виконанні основного обробітку під зернові культури вони забезпечують розпушування на глибину 20-22 см, а під просапні - до 20-30 см. Для поверхневого обробітку ці знаряддя можуть працювати на глибині до 16 см, що дозволяє використовувати їх у різних технологічних схемах вирощування сільськогосподарських культур.

Конструкцією також передбачено агрегатування таких машин переважно з вітчизняними тракторами тягових класів 1,4-2 та 3-4. Це робить їх більш доступними для впровадження у виробництво, оскільки дозволяє використовувати наявний у господарствах машинно-тракторний парк. У результаті спільної роботи науковців і заводу «Червона Зірка» були розроблені, виготовлені та впроваджені у виробництво ґрунторозпушувачі з двома блоками двоярусно розміщених робочих органів шириною захвату 3,9 м - ГРН-3,9 (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Грунторозпушувач плоскорізний ГРН-3,9

Крім того, створено аналогічну машину ГРН-2,9, яка має два блоки триярусних робочих органів і ширину захвату 2,9 м. Такі машини вже використовуються в багатьох господарствах і підтверджують ефективність запропонованого конструктивного підходу.

Плоскорізний культиватор Cobra AMAZONE (рис.2.3.) використовується для неглибокого обробітку ґрунту з ефективним зрізанням рослинних решток у різних польових умовах. Ширина його захвату становить 6-7 м, а робоча глибина може змінюватися в межах 3-13 см.



Рис.2.3. Культиватор Cobra AMAZONE

Культиватор-плоскоріз Cobra є універсальним ґрунтообробним знаряддям, яке призначене для виконання широкого спектра технологічних операцій поверхневого обробітку ґрунту. Його застосування охоплює різні етапи агротехнологічного процесу - від загортання проміжних (сидеральних) культур і поверхневого лущення стерні до підготовки ґрунту перед сівбою. Завдяки продуманій конструкції та можливості комплектації різними робочими органами, агрегат може ефективно працювати в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Висока універсальність машини досягається за рахунок широкого вибору додаткового обладнання, зокрема різних типів лап, дискових елементів і котків. Це дозволяє адаптувати культиватор до конкретних умов поля, враховуючи механічний склад ґрунту, ступінь його ущільнення, наявність рослинних решток і агротехнічні вимоги до обробітку.

Для забезпечення якісного суцільного підрізання стерні та бур’янів використовуються стрілчасті лапи шириною 220 мм. Конструкція робочих органів передбачає їх розміщення з міжстійковою відстанню 13,3 см, що забезпечує необхідне перекриття зон обробітку. Завдяки цьому досягається

повне підрізання рослинності по всій ширині захвату агрегату незалежно від умов роботи.

Особливу роль у формуванні якісного обробленого шару відіграють пружинні стійки типу ECO. У процесі роботи вони здійснюють коливальні рухи, що сприяє інтенсивному кришенню ґрунту та утворенню дрібногрудкуватої структури. Такий стан ґрунту є сприятливим для проростання насіння падалиці та бур'янів. У подальшому це дозволяє ефективно знищувати їх механічним способом під час наступних проходів агрегату, що є важливим елементом інтегрованої системи захисту рослин.

Для забезпечення стабільної та рівномірної глибини обробітку конструкцією передбачено з'єднувальну штангу між елементами копіювання рельєфу. Це технічне рішення дозволяє синхронізувати роботу передніх і задніх робочих органів, забезпечуючи однакову глибину обробітку по всій ширині захвату машини. Крім того, регулювання глибини обробітку здійснюється безпосередньо з кабіни трактора, що значно підвищує зручність керування агрегатом і дозволяє оперативно змінювати параметри роботи залежно від польових умов.

Відоме технічне рішення плоскорізальної лапи, описане в авторському свідоцтві №1664130, у якому основною метою розробки є підвищення протиерозійної стійкості ґрунту та зниження тягового опору під час роботи (рис. 2.4).

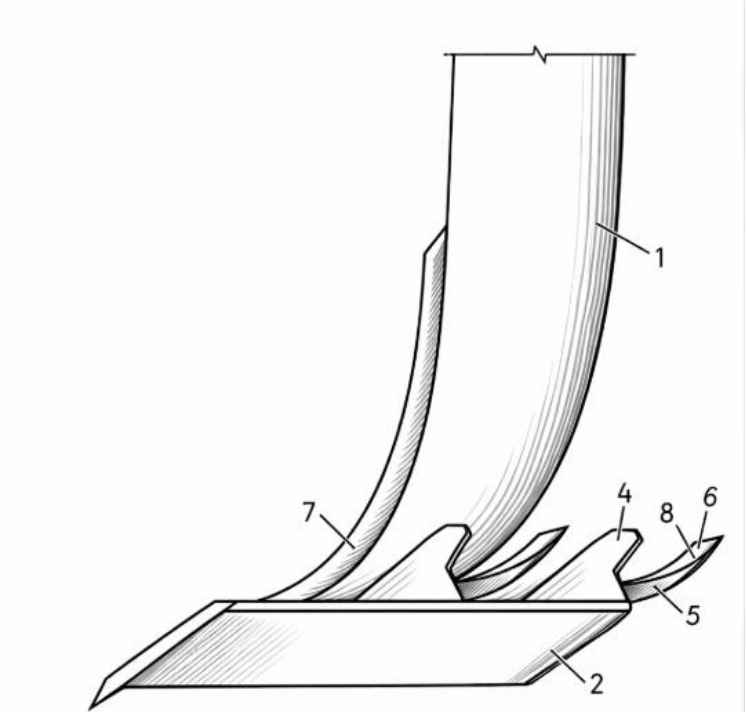


Рис.2.4. Технічне рішення плоско ріжучої лапи за а.с.№1664130

Ґрунтозахисний робочий орган функціонує наступним чином. Під час руху в ґрунті плоскорізна лапа 2 здійснює підрізання оброблюваного шару, після чого він піднімається за допомогою крил 3. У процесі цього в нижній частині ґрунтового пласта виникають дрібні тріщини, які в міру подальшого переміщення розширюються та заглиблюються, що сприяє розпушенню ґрунту.

Одночасно з цим ріжуча кромка 7 стійки 1 розділяє ґрунтовий шар на дві частини. Особлива форма передньої частини цієї кромки дозволяє зменшити опір різанню, а також сприяє переміщенню рослинних решток угору вздовж криволінійної поверхні. У результаті цього на поверхні формується захисний шар із рослинних залишків, який виконує протиерозійну функцію.

Надалі кожна з утворених частин ґрунтового шару додатково розділяється розсікачами 4 на окремі паралельні смуги. Нижні частини цих смуг зазнають деформації під дією профільних поверхонь розсікачів 4 і розрихлювачів 5, що забезпечує їх ефективне розпушення. Верхні ж частини, потрапляючи на ріжучу кромку 8 хвостовика 6, руйнуються і подрібнюються на дрібні агрегати.

При цьому рослинні залишки вичісуються з ґрунтового шару і переміщуються вгору по криволінійних поверхнях хвостовика 6 з мінімальним опором. У результаті формується поверхневий мульчувальний шар із рослинних решток, який захищає ґрунт від впливу вітрової та водної ерозії, а також сприяє збереженню вологи.

Такий принцип роботи забезпечує одночасне розпушення ґрунту, його структуроутворення та створення захисного покриву, що відповідає вимогам сучасних ґрунтозахисних технологій землеробства.

Існує технічне рішення А.С.№112893 вібраційний плоскоріз (рис.2.5.) метою запропонованої корисної моделі є зменшення енерговитрат під час обробітку ґрунту, підвищення ресурсу роботи конструкції та покращення якості розпушення ґрунтового шару. Досягнення цієї мети забезпечується вдосконаленням конструкції вібраційного плоскоріза.

Запропонований плоскоріз складається з рами, стійки з плоскорізною лапою та вібраційного механізму. Згідно з конструктивним рішенням, до рами за допомогою хомутів кріпляться державки, які через гумові втулки та шарнірні з’єднання поєднані зі стійкою і вібратором. Така схема забезпечує пружний зв’язок елементів і дозволяє ефективно передавати коливання на робочий орган.

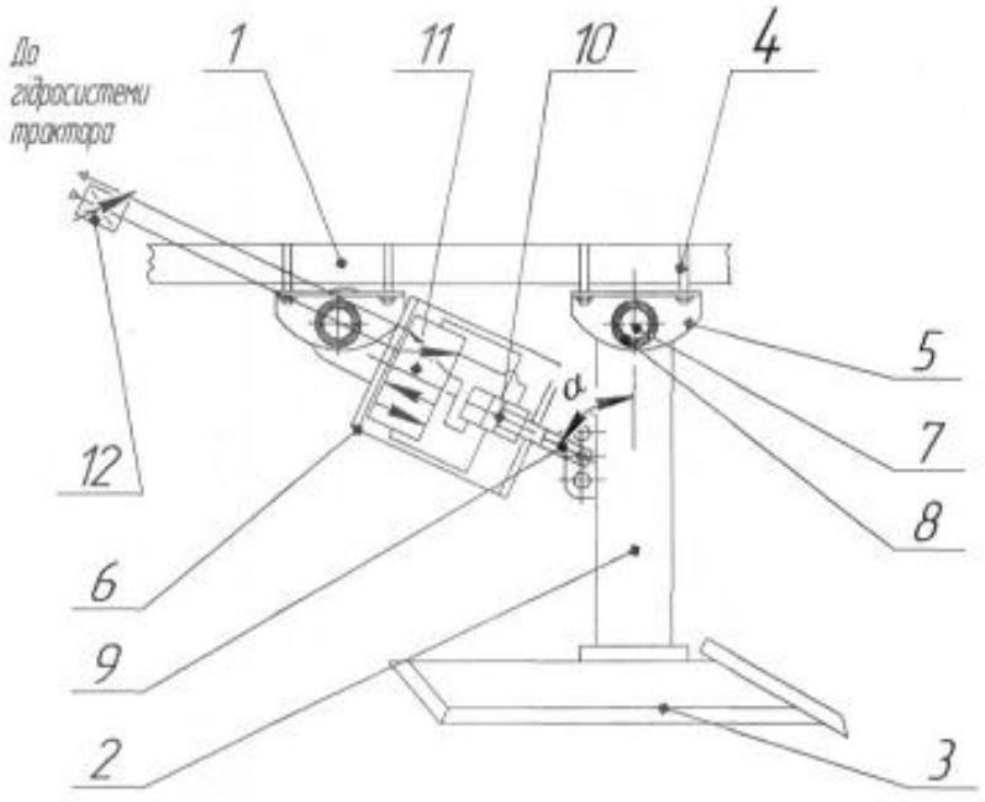


Рис.2.5. Технічне рішення А.С.№112893 вібраційний плоскоріз

Вібраційний механізм включає золотник і поршень зі штоком. Шток встановлений під певним кутом α та з’єднаний із нижньою частиною стійки. Гідравлічне живлення вібратора здійснюється від гідросистеми трактора через регульований дросель. За допомогою цього дроселя можна змінювати параметри потоку робочої рідини, що дозволяє налаштовувати частоту коливань.

Особливістю конструкції є можливість досягнення резонансного режиму роботи, при якому частота коливань стійки з плоскорізною лапою узгоджується з властивостями ґрунту. Це забезпечує інтенсивніше руйнування ґрунтового шару при менших витратах енергії, зменшує тяговий опір і підвищує ефективність технологічного процесу.

Вібраційний плоскоріз функціонує таким чином. Перед початком роботи за допомогою дроселя 12 задають необхідну частоту коливань

вібратора 6. Зміною положення штока 9 у змінних отворах нижньої частини стійки 2 регулюють кут α і амплітуду коливань залежно від фізико-механічних властивостей ґрунту.

Під час розпушування ґрунту олива з гідросистеми трактора під тиском надходить у нижню порожнину корпуса вібратора 6, тоді як верхня порожнина в цей момент сполучена зі зливною магістраллю. Під дією тиску поршень 10 разом із золотником 11 переміщується вгору. Після цього робоча рідина починає подаватися під золотник 11, який зміщується відносно поршня, з'єднуючи верхню порожнину корпуса вібратора з напірною лінією, а нижню - зі зливом. У результаті поршень змінює напрям руху і переміщується вниз.

Далі цикл повторюється: верхня порожнина корпуса знову сполучається зі зливом, золотник переміщується вниз, і поршень здійснює черговий зворотно-поступальний рух. Створені таким чином вимушені коливання через шток 9, який виконаний разом із поршнем 10, передаються на нижню частину стійки 2 з плоскорізною лапою 3. Завдяки узгодженню цих коливань із фазами деформації та руйнування ґрунту виникає резонансний режим роботи, що сприяє підвищенню ефективності розпушування. Стійка 2 з плоскорізною лапою 3 здійснює коливальні 50 рухи навколо шарніра 7. Гумові втулки 8 запобігають передачі коливань на раму. При розпушуванні ґрунту, у результаті вібрації плоскоріза у ґрунті виникають хвильові процеси, і ґрунтове середовище, яке взаємодіє з плоскорізною лапою, переходить до псевдозрідженого стану. Внаслідок чого зменшується тяговий опір знаряддя, і зниження енерговитрат на розпушення ґрунту та збільшується інтенсивність кришення ґрунту, а отже 55 поліпшується якість обробітку.

Таким чином, застосування вібраційного принципу дії дозволяє не лише знизити енергоємність обробітку, але й покращити якість розпушення та підвищити довговічність робочих органів.

Висновок по розділу

У результаті проведеного аналізу встановлено, що існуючі конструкції машин для безполицевого обробітку ґрунту відзначаються значною різноманітністю технічних рішень. Разом із тим, для більшості з них характерна багатофункціональність, яка, хоча і підвищує універсальність, призводить до збільшення кінематичної довжини агрегатів, ускладнення конструкції та зростання енергоємності процесу обробітку.

3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПЛОСКОРІЗА ЯК ПРОТИЕРОЗІЙНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

3.1. Опис конструкції та принцип роботи запропонованого плоскоріза

Одним із найбільш важливих напрямів удосконалення сучасних систем основного обробітку ґрунту є зменшення його руйнування та запобігання розвитку ерозійних процесів. Особливо актуальним це є для умов степової зони України, де ґрунти часто зазнають негативного впливу вітрової ерозії, пересушування та переущільнення. За таких умов застосування традиційних робочих органів, які інтенсивно перевертають скибу, не завжди є доцільним, оскільки вони надмірно порушують природну структуру верхнього шару ґрунту, сприяють руйнуванню агрегатів, виносу вологи та зменшенню кількості рослинних решток на поверхні поля.

У зв’язку з цим перспективним рішенням є застосування плоскорізних робочих органів, які забезпечують безполицевий обробіток ґрунту. Основною особливістю плоскоріза є те, що він підрізає шар ґрунту на заданій глибині без його інтенсивного обертання і перемішування. Завдяки цьому зберігається природна будова орного шару, на поверхні поля залишається значна частина стерні та пожнивних решток, а ґрунт менше піддається руйнуванню під дією вітру і води. Саме тому плоскоріз доцільно розглядати як ефективний протиерозійний робочий орган для основного обробітку.

За основу ми взяли культиватор плоскоріз КПГ-250 він має певні недоліки в роботі. Зокрема, під час обробітку ґрунту на значній глибині, приблизно 15…25 см, плоскоріжучі лапи недостатньо ефективно підрізають і перерізають кореневі рештки грубостеблових культур, насамперед кукурудзи. Унаслідок цього рослинні залишки накопичуються на робочих органах, що призводить до їхнього забивання та обволікання лап. Це, у свою

чергу, погіршує якість обробітку ґрунту, знижує продуктивність агрегату й ускладнює роботу машини в цілому.

Нами було запропоновано розробили нову форму плоскорізальної лапи, запропонований плоскоріз являє собою культиватор-плоскоріз (рис.3.1.), змонтований на жорсткій рамі, до якої кріпляться стояки та робочі органи криволінійної форми. Конструкція агрегату передбачає навісний або причіпний спосіб агрегатування з енергетичним засобом, що забезпечує достатню жорсткість системи і стабільність заданої глибини обробітку. Із креслення видно, що робочі органи розміщені симетрично відносно поздовжньої осі машини, що сприяє врівноваженню бокових реакцій ґрунту та покращує стійкість руху агрегату в процесі роботи.

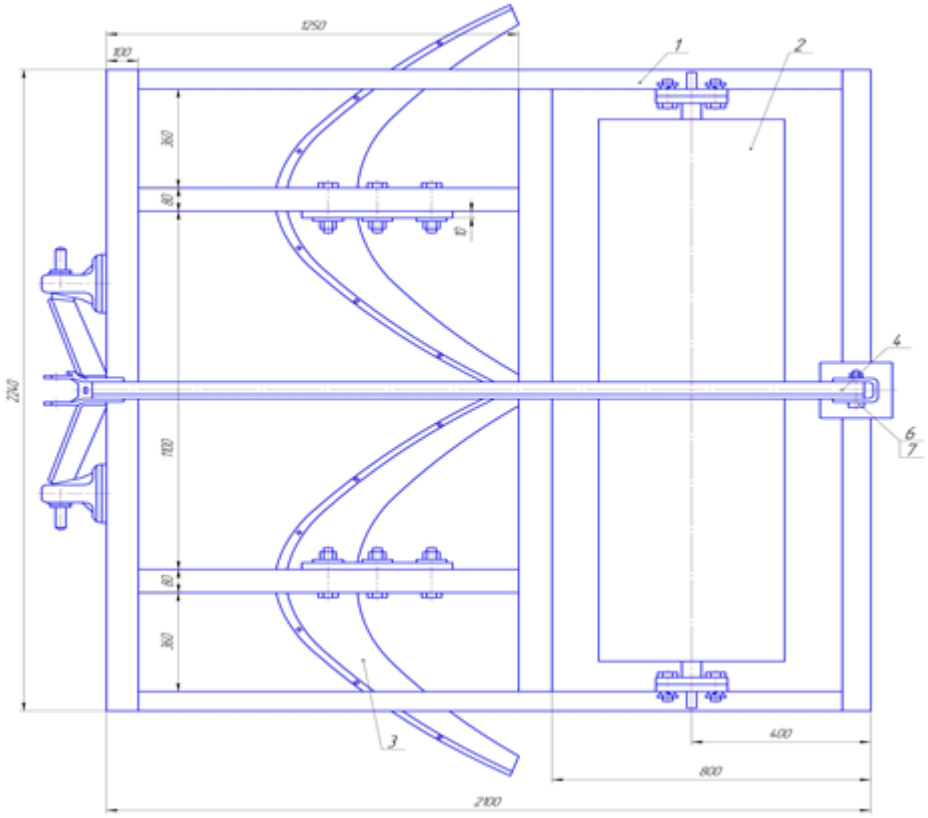


Рис. 3.1. Запропонований культиватор-плоскоріз КПГ-250 М.

Особливу увагу слід звернути на форму робочого органу. Згідно з поданим кресленням, опора плоскоріза має плавно окреслений контур із великим радіусом кривизни. Така геометрія є доцільною з точки зору

зменшення концентрації напружень у конструкції, покращення обтікання робочої поверхні ґрунтовим потоком та зниження ймовірності забивання рослинними рештками. Плавний криволінійний профіль сприяє рівномірнішому розподілу навантаження вздовж елемента, а також забезпечує поступове піднімання та деформацію шару ґрунту без різкого його обертання. Це є важливою умовою реалізації саме протиерозійного способу обробітку.

Крім того, запропонований робочий орган має конструктивні передумови для забезпечення стійкого ходу на заданій глибині. Значна довжина та форма стояка дозволяють поєднати достатню міцність, пружність і технологічну надійність. Це особливо важливо при роботі на ущільнених або частково засмічених фонах, де робочий орган повинен не лише підрізати ґрунт, а й зберігати стабільність положення без значних коливань і перевантажень.

Принцип дії запропонованого плоскоріза полягає у безполицевому підрізанні й розпушенні ґрунту на заданій глибині без його інтенсивного обертання. Під час руху агрегату робочі органи заглиблюються в орний шар і ріжучими кромками підрізають ґрунтовий пласт по всій ширині захвату. Одночасно підрізаються корені бур’янів, що забезпечує їх механічне знищення.

Після входження в ґрунт робоча частина плоскоріза здійснює піднімання і часткове деформування шару. При цьому пласт не перевертається, як у полицевих робочих органах, а лише піднімається, частково розтріскується та розпушується. Завдяки цьому верхній шар ґрунту не втрачає своєї природної структури настільки інтенсивно, як при оранці, а стерня і пожнивні рештки здебільшого залишаються на поверхні поля.

У процесі роботи ґрунт, взаємодіючи з криволінійною поверхнею робочого органу, зазнає поступової деформації. Через це зменшується

різкість ударної дії на ґрунтовий масив, знижується пилуватість і зменшується руйнування водостійких агрегатів. Одночасно порушується капілярна структура верхнього шару, що сприяє зменшенню випаровування вологи. Така дія особливо цінна в умовах недостатнього зволоження, характерних для степових районів.

3.2. Обгрунтування форми плоскорізальної лапи та її конструктивні розрахунки

Аналіз науково-технічних джерел показує, що основною причиною обволікання робочих органів є недостатня величина тангенціальної складової тягового опору, яка діє вздовж леза лапи. За таких умов ця складова сили не забезпечує необхідного переміщення та сходження кореневих і рослинних решток із поверхні робочого органа. У результаті цього рештки накопичуються на лапі, що погіршує її роботу. В дипломі нами було обґрунтовано профіль лапи, результати розрахунків представлено у тал. 3.1.

Таблиця 3.1.

Розрахунковий профіль леза стрільчастої лапи.

№ п/п	Vx, м/с	X, мм	Y, мм
1	0,00	0	0
2	0,25	210	55
3	0,50	295	115
4	0,75	335	175
5	1,00	375	235
6	1,25	415	295
7	1,50	445	355
8	1,75	468	415
9	2,00	487	475
10	2,25	498	535
11	2,50	508	595

За даними розрахунків і табл. 3.1. побудовано розрахунковий профіль стрільчастої лапи (рис.3.2.)

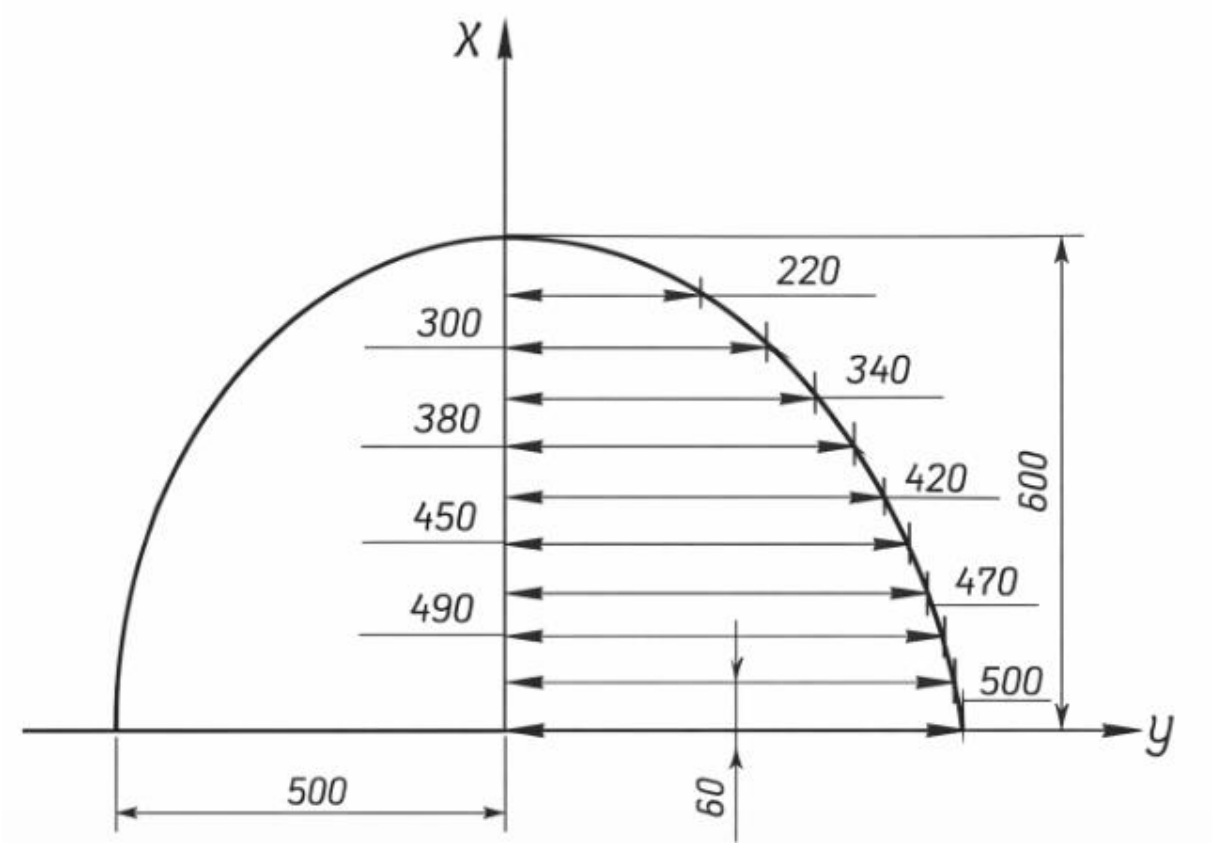


Рис. 3.2. Розрахунковий профіль профіль леза розроблено плоскорізальної лапи

Раціонально сформована поверхня робочого органа забезпечує його оптимальне заглиблення та рух у ґрунті з мінімальним тяговим опором. Це сприяє зниженню напруженого стану в зоні контакту «ґрунт - робочий орган» і, як наслідок, зменшенню навантаження на конструктивні елементи.

Розроблена конструкція, завдяки адаптованому профілю леза, дозволяє суттєво зменшити прояв негативних явищ, пов’язаних із обволіканням та накопиченням рослинних решток. У результаті підвищується ефективність функціонування робочого органа та розширюється діапазон його практичного використання.

Для обґрунтування працездатності та надійності запропонованого робочого органу плоскоріза необхідно виконати його конструктивний розрахунок на міцність. Метою даного розрахунку є визначення основних силових навантажень, які діють на робочий орган у процесі роботи, а також перевірка найбільш навантажених елементів конструкції на дію згину, зрізу та місцевого зминання.

Конструктивний розрахунок виконано на основі складального креслення культиватора-плоскоріза та креслення деталі «Опора». Як найбільш навантажений елемент прийнято стояк-опору робочого органу, який сприймає зусилля від взаємодії з ґрунтом і передає їх на раму машини.

Згідно з технічною характеристикою машини приймаємо такі вихідні дані:

- тип машини - культиватор-плоскоріз;
- призначення - основний обробіток ґрунту;
- робоча глибина обробітку - до 0,27 м;
- робоча швидкість руху - 3,25 м/с;
- продуктивність - 2,0 га/год;
- енергетичний засіб - трактор класу Т-150, Т-150К, ХТЗ-17221.

На підставі складального креслення приймаємо:

- загальну ширину захвату машини B=2,2B = 2{,}2B=2,2 м;
- кількість робочих органів z=2z = 2z=2.

Ширину захвату одного робочого органу визначаємо за формулою

Ширину захвату одного робочого органу визначаємо за формулою

$$b = \frac{B}{z} \tag{3.1}$$

де

B – загальна ширина захвату машини, м;

Z – кількість робочих органів, шт.

$$b = \frac{2,2}{2} = 1,1 \text{ м.}$$

Отже, ширина захвату одного робочого органу становить 1,1 м.

За кресленням деталі «Опора» приймаємо такі геометричні параметри:

- загальна висота деталі $H = 830$ мм;
- овжина деталі $L = 520$ мм;
- радіус криволінійної ділянки $R = 220$ мм;
- товщина листової заготовки $s = 12$ мм;
- матеріал деталі - сталь 35.

Оскільки робочий орган працює у змінних і ударних умовах навантаження, при виконанні розрахунків необхідно врахувати динамічний характер взаємодії з ґрунтом. Розрахункову схему подаємо у вигляді консолі, жорстко закріпленої у верхній частині на рамі машини, до вільного кінця якої прикладено горизонтальну та вертикальну складові опору ґрунту.

У процесі роботи плоскоріза на його робочий орган діє опір діє опір ґрунту, який має має складний просторовий характер. Для інженерного розрахунку цей опір доцільно розкласти на горизонтальну та вертикальну складові. Горизонтальна складова визначає тяговий опір робочого органу, а вертикальна впливає на стійкість ходу по глибині та на величину згинального моменту у стояку.

Тяговий опір одного робочого органу визначаємо за формулою:

$$R = k \cdot b \cdot a \cdot k_d, \tag{3.2}$$

де

R_x – горизонтальна складова опору ґрунту, кН;

k – питомий опір ґрунту, кПа;

b – ширина захвату одного робочого органу, м;

a – глибина обробітку, м;

k_d – коефіцієнт динамічності, який враховує нерівномірність навантаження.

Для середньосуглинкових ґрунтів при безполицевому обробітку приймаємо:

$$k = 20 \text{ кПа};$$

$$a = 0,27 \text{ м};$$

$$b = 1,1 \text{ м};$$

$$k_d = 1,15.$$

Після підстановки числових значень маємо

$$R_x = 20 \cdot 1,1 \cdot 0,27 \cdot 1,15 = 6,83 \text{ кН}$$

Таким чином, горизонтальна складова опору ґрунту, яка діє на один робочий орган, становить 6,83 кН.

Вертикальну складову сили опору визначаємо орієнтовно як частку від горизонтальної складової. Для плоскорізних робочих органів у попередніх інженерних розрахунках її можна приймати на рівні 20….30% від тягового опору. У даному розрахунку приймаємо

$$R_z = 0,25 R_x, \tag{3.3}$$

де

R_z – вертикальна складова опору ґрунту, кН;

R_x – горизонтальна складова опору ґрунту, кН.

Тоді

$$R_z = 0,25 \cdot 6,83 = 1,71 \text{ кН}$$

Отже, на робочий орган у процесі роботи діюті:

- горизонтальна сила $R_x = 6,83$ кН

- вертикальна сила $R_z = 1,71$ кН

Для визначення міцності стояка-опори необхідно знайти згинальний момент у небезпечному перерізі. Цей момент визначається як сума моментів від дії горизонтальної та вертикальної складових сил:

$$M = R_x \cdot l_x + R_z \cdot l_z, \tag{3.4}$$

де

M – згинальний момент у небезпечному перерізі, кН·м;

R_x – горизонтальна складова сили, кН;

R_z – вертикальна складова сили, кН;

l_x – плече прикладання горизонтальної сили відносно небезпечного перерізу, м;

l_z – плече прикладання вертикальної сили відносно небезпечного перерізу, м.

За геометрією робочого органу приймаємо:

$l_x = 0,52$ м;

$l_z = 0,22$ м.

Тоді

$$M = 6,83 \cdot 0,52 + 1,71 \cdot 0,22 = 3,55 + 0,38 = 3,93 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Для подальших розрахунків переведемо значення у Н·мм:

$$M = 3,93 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Таким чином, максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі стояка-опори становить $3,93 \cdot 10^6$ Н·мм.

3.3 Розрахунок робочого органу на міцність

Найбільш небезпечним видом навантаження для стояка-опори є згин. У небезпечному перерізі опору розглядаємо як прямокутний переріз товщиною $s = 12$ мм і розрахунковою висотою $h = 400$ мм.

Момент опору прямокутного перерізу визначаємо за формулою

$$W = \frac{s \cdot h^2}{6}, \tag{3.5}$$

W – момент опору перерізу, мм^3;

s – товщина перерізу, мм;

h – висота перерізу, мм.

Підставляючи значення, отримаємо

$$W = \frac{12 \cdot 400^2}{6} = \frac{12 \cdot 160000}{6} = 320000 \text{ мм}^3.$$

Напруження згину визначаємо за формулою

$$\sigma = \frac{M}{W}, \tag{3.6}$$

де

σ – нормальне напруження згину, МПа;

M – згинальний момент, Н·мм;

W – момент опору перерізу, мм^3.

Після підстановки числових значень маємо

$$\sigma = \frac{3,93 \cdot 10^6}{320000} = 12,28 \text{ МПа}.$$

Для сталі 35 за умов змінного навантаження допустиме напруження згину приймаємо

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа}.$$

Оскільки

$$\sigma = 12,28 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа},$$

умова міцності опори на згин

Для додаткової перевірки міцності визначаємо середнє дотичне напруження зрізу у небезпечному перерізі за формулою

$$\tau = \frac{R_x}{s \cdot h}, \tag{3.7}$$

де

τ – дотичне напруження зрізу, МПа;

R_x – горизонтальна сила, Н;

s – товщина перерізу, мм;

h – висота перерізу, мм.

підставляємо значення:

$$\tau = \frac{6830}{12 \cdot 400} = \frac{6830}{4800} = 1,42 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження зрізу для сталі 35 приймаємо

$$[\tau] = 90 \text{ МПа}.$$

Оскільки

$$\tau = 1,42 \text{ МПа} < [\tau] = 90 \text{ МПа}.$$

умова міцності на зріз також виконується.

3.4. Розрахунок болтового кріплення опори до рами

Кріплення опори до рами здійснюється за допомогою болтового з'єднання. Для розрахунку приймаємо, що опора закріплюється чотирма болтами діаметром $d = 16$ мм.

Навантаження, яке припадає на один болт, визначаємо за формулою

$$F_b = \frac{R_x}{n}, \tag{3.8}$$

де

F_b – сила, що діє на один болт, Н;

R_x – горизонтальна сила опору ґрунту, Н;

n – кількість болтів у з'єднанні, шт.

При $n = 4$ одержимо

$$F_b = \frac{6830}{4} = 1707,5 \text{ Н}.$$

Площу поперечного перерізу болта визначаємо за формулою

$$A_b = \frac{\pi d^2}{4}, \tag{3.9}$$

де

A_b – площа поперечного перерізу болта, мм^2;

d – діаметр болта, мм.

Тоді

$$A_b = \frac{3,14 \cdot 16^2}{4} = 200,96 \text{ мм}^2.$$

Напруження зрізу в болті становитиме

$$\tau_b = \frac{F_b}{A_b}, \tag{3.10}$$

де

τ_b – напруження зрізу в болті, МПа;

F_b – сила, що діє на один болт, Н;

A_b – площа перерізу болта, мм^2.

Після підстановки числових значень одержимо

$$\tau_b = \frac{1707,5}{200,96} = 8,50 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження зрізу для болтів загального призначення приймаємо

$$[\tau_b] = 80 \text{ МПа}.$$

Оскільки

$$\tau_b = 8,50 \text{ МПа} < [\tau_b 0] = 80 \text{ МПа},$$

умова міцності болтів на зріз виконується.

Далі перевіряємо отвори під болти на зминання. Напруження зминання визначається за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{F_b}{d \cdot s}, \tag{3.11}$$

де

$\sigma_{зм}$ – напруження зминання, МПа;

F_b – сила, що діє на один болт, Н;

d – діаметр болта, мм;

s – товщина деталі, мм.

Після підстановки маємо

$$\sigma_{зм} = \frac{1707,5}{16 \cdot 12} = \frac{1707}{192} = 8,89 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження зминання приймаємо

$$[\sigma_{зм}] = 160 \text{ МПа}.$$

Оскільки

$$\sigma_{зм} = 8,89 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 160 \text{ МПа},$$

міцність болтового з'єднання за зминанням забезпечується.

3.5 Розрахунок тягової потужності та енергетична оцінка плоскоріза

Одним із важливих показників ефективності роботи ґрунтообробної машини є її енергоємність. Для оцінки працездатності запропонованого плоскоріза необхідно визначити тягову потужність, яка потрібна для виконання технологічного процесу, а також оцінити відповідність цієї потреби можливостям прийнятого енергетично доцільною.

Як було встановлено у попередньому підрозділі, горизонтальна складова опору ґрунту для одного робочого органу становить

$$R_x = 6,83 \text{ кН}. \tag{3.12}$$

Оскільки культиватор-плоскоріз обладнаний двома робочими органами, загальний тяговий опір машини визначаємо за формулою

$$R_{\Sigma} = R_x \cdot z, \tag{3.13}$$

де

R_Σ – сумарний тяговий опір машини, кН;

R_x – тяговий опір одного робочого органу, кН;

z – кількість робочих органів, шт.

Підставляючи числові значення, одержимо

$$R_\Sigma = 6,83 \cdot 2 = 13,66 \text{ кН}.$$

Отже, сумарний тяговий опір плоскоріза становить 13,66 кН.

Тягову потужність, необхідну для переміщення машини в процесі роботи, визначаємо за формулою

$$N_т = \frac{R_\Sigma \cdot v}{1000}, \tag{3.14}$$

де

$N_т$ – тягова потужність, кВт;

R_Σ – сумарний тяговий опір машини, Н;

v – робоча швидкість руху агрегату, м/с.

Робоча швидкість за технічною характеристикою становить

$$v = 3,25 \text{ м/с}.$$

Для розрахунку переводимо тяговий опір у ньютони:

$$R_\Sigma = 13,66 \cdot 1000 = 13660 \text{ Н}.$$

Тоді

$$N_т = \frac{13660 \cdot 3,25}{1000} = 44,40 \text{ кВт}.$$

Отже, для виконання технологічного процесу плокорізом за заданої швидкості потрібна тягова потужність 44,40 кВт.

Однак у реальних умовах експлуатації частина потужності втрачається у трансмісії трактора, на буксування ходової системи, подолання внутрішніх опорів та нерівномірність навантаження. Тому для більш об'єктивної оцінки потужності, яку повинен розвивати двигун трактора, вводять загальний коефіцієнт використання потужності.

Необхідну ефективну потужність двигуна визначаємо за формулою

$$N_e = \frac{N_т}{\eta}, \tag{3.15}$$

де

N_e – ефективна потужність двигуна, необхідна для роботи агрегату, кВт;

$N_т$ – тягова потужність, кВт;

η – загальний коефіцієнт корисного використання потужності трактора.

Для колісних і гусеничних тракторів у польових умовах при ґрунтообробних роботах значення η можна приймати в межах 0,70…0,80.

У даному розрахунку приймаємо

$$\eta = 0,75.$$

Тоді

$$N_e = \frac{44,40}{0,75} \text{ кВт.}$$

Таким чином, для забезпечення роботи плоскоріза в заданому режимі трактор повинен мати ефективну потужність не менше 59,2 кВт.

Оскільки як енергетичний засіб для агрегатування передбачено трактори класу Т-150, Т-150К або ХТЗ-17221, потужність яких значно перевищує отримане значення, можна зробити висновок, що обраний трактор повністю забезпечує роботу машини з необхідним запасом потужності.

Для оцінки енергетичної доцільності машини визначимо питомі витрати потужності на 1 м ширини захвату. Цей показник знаходимо за формулою

$$N_n = \frac{N_т}{B}, \tag{3.16}$$

де

N_n – питома потужність на 1 м ширини захвату, кВт/м;

$N_т$ – тягова потужність, кВт;

B – загальна ширина захвату машини, м.

Підставляємо значення:

$$N_n = \frac{44,40}{2,2} = 20,18 \text{ кВт/м}.$$

Отже, питома потужність плоскоріза становить 20,18 кВт/м ширини захвату.

Далі визначимо питомий тяговий опір машини на 1 м ширини захвату.

Цей показник обчислюється за формулою

$$q = \frac{R_\Sigma}{B}, \tag{3.17}$$

де

q – питомий тяговий опір, кН/м;

R_Σ – сумарний тяговий опір машини, кН;

B – ширина захвату машини, м.

Підставивши значення, одержимо

$$q = \frac{13,66}{2,2} = 6,21 \text{ кН/м}.$$

Таким чином, питомий тяговий опір плоскоріза становить 6,21 кН/м.

З практичної точки зору це свідчить про те, запропонований робочий орган має помірну енергоємність і може використовуватись у складі машинно-тракторного агрегату без надмірного обертання скиби, загальна енергоємність процесу є меншою, ніж при традиційній оранці полицевими плугами. Саме це є однією з важливих переваг безполицевого обробітку.

Для додаткової оцінки визначимо теоретичну продуктивність агрегату за формулою

$$W_{\text{т}} = 0,36 \cdot B \cdot v, \tag{3.18}$$

де

$W_{\text{т}}$ – теоретична продуктивність агрегату, га/год;

B – ширина захвату агрегату, м;

v – швидкість руху, м/с;

0,36 - коефіцієнт переведення одиниць.

Тоді

$$W_{\text{т}} = 0,36 \cdot 2,2 \cdot 3,25 = 2,57 \text{ га/год.}$$

Фактична або експлуатаційна продуктивність завжди менша за теоретичну через витрати часу на повороти, регулювання, зупинки та інші допоміжні операції. Визначимо коефіцієнт використання часу зміни за формулою

$$\tau = \frac{W_e}{W_{\text{т}}}, \tag{3.19}$$

де

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

W_e – експлуатаційна продуктивність, га/год;

$W_{\text{т}}$ – теоретична продуктивність, га/год.

За технічною характеристикою машини

$$W_e = 2,0 \text{ га/год.}$$

Тоді

$$\tau = \frac{2,0}{2,57} = 0,78.$$

Отримане значення коефіцієнта використання часу зміни дорівнює 0,78, що є цілком реальним для польових умов роботи ґрунтообробного агрегату і свідчить про задовільну організацію технологічного процесу.

3.6. Розрахунок витрат палива агрегату з плоскорізом

Одним із важливих експлуатаційних показників роботи машинно-тракторного агрегату є витрата палива. Для оцінки економічності роботи запропонованого плоскоріза необхідно визначити годинну витрату дизельного палива, а також його питомі витрати на одиницю виконаної роботи.

Як було встановлено в попередньому підрозділі, ефективна потужність двигуна, необхідна для роботи агрегату з плоскорізом, становить

$$N_e = 59,20 \text{ кВт.}$$

Годинну витрату палива визначаємо за формулою

$$G_n = q_e \cdot N_e, \tag{3.20}$$

де

G_n – годинна витрата палива, кг/год;

q_e – питома витрата палива дизельного двигуна, кг/(кВт\год);

N_e – ефективна потужність двигуна, кВт.

Для тракторних дизельних двигунів при виконанні польових робіт питома витрата палива знаходиться в межах 0,22…0,25 кг/(кВт\год). У розрахунку приймаємо середнє значення

$$q_e = 0,23 \text{ кг/(кВт\год).}$$

Тоді годинна витрата палива становитиме

$$G_n = 0,23 \cdot 59,12 = 13,62 \text{ кг/год.}$$

Отже, годинна витрата палива під час роботи агрегату з плоскорізом становить

$$G_n = 13,62 \text{ кг/год.}$$

Тоді годинна витрата палива в літрах дорівнюватиме

$$G_л = \frac{G_n}{\rho}, \tag{3.21}$$

де

$G_л$ – годинна витрата палива, л/год;

G_n – годинна витрата палива,кг/год

ρ – густина дизельного палива, кг/л.

Після підстановки значень одержимо

$$G_л = \frac{13,62}{0,84} = 16,21 \text{ л/год.}$$

Таким чином, годинна витрата палива агрегату з плоскорізом становить 16,21 л/год.

Питомі витрати палива на одиницю площі визначаємо за формулою

$$g_{\text{га}} = \frac{G_n}{W_e}, \tag{3.22}$$

де

$g_{\text{га}}$ – витрата палива на 1 га, кг/га;

G_n – годинна витрата палива, кг/год;

W_e – експлуатаційна продуктивність агрегату, га/год.

За умовою приймаємо продуктивність агрегату

$$W_e = 2,57 \text{ га/год.}$$

Тоді витрата палива на 1 гектар становитиме

$$g_{\text{га}} = \frac{13,62}{2,57} = 5,30 \text{ кг/га.}$$

Для визначення палива в літрах на гектар використовуємо формулу

$$g_{л/га} = \frac{G_л}{W_e}, \tag{3.23}$$

де

$g_{л/га}$ – витрата палива на 1 га, л/га;

$G_л$ – годинна витрата палива, л/год;

W_e – експлуатаційна продуктивність агрегату, га/год.

Після підстановки числових значень отримаємо

$$g_{л/га} = \frac{16,21}{2,57} = 6,31 \text{ л/га.}$$

Отже, питома витрата дизельного палива під час роботи агрегату з плоскорізом становить 5,30 кг/га, або 6,31 л/га.

Висновок по підрозділу

1. Запропонований плоскоріз за своєю конструкцією і принципом дії відповідає вимогам сучасного ґрунтозахисного землеробства. Його робочі органи забезпечують підрізання і розпушення ґрунту без інтенсивного перевертання скиби, що сприяє збереженню структури ґрунту, вологи та рослинних решток на поверхні поля. Симетричне розміщення робочих органів, раціональна форма стояків і простота конструкції створюють передумови для надійної роботи агрегату та високої якості виконання технологічного процесу.

2. У даному розділі виконано конструктивний розрахунок робочого органу плоскоріза на основі його геометричних параметрів і прийнятих умов роботи. Установлено, що при загальній ширині захвату машини 2,2 м і двох робочих органах ширина захвату одного робочого органу становить 1,1 м.

3. Розрахунок болтового кріплення показав, що напруження зрізу в болтах становить 8,50 МПа, а напруження зминання - 8,89 МПа, що також не перевищує допустимих значень. Таким чином, прийнята конструкція кріплення опори до рами є працездатною.

4. Теоретична продуктивність агрегату становить 2,57 га/год, а коефіцієнт використання часу зміни дорівнює 0,78, що відповідає реальним умовам польової експлуатації. Отже, запропонована конструкція плоскоріза є не лише працездатною і міцною, але й достатньо ефективною з енергетичної точки зору.

4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПЛОСКОРІЗА

4.1. Загальні положення з охорони праці при роботі з плоскорізом

Під час використання запропонованого плоскоріза необхідно забезпечити безпечні умови праці обслуговуючого персоналу, попередити виробничий травматизм і знизити негативний вплив технологічного процесу на працюючих. Робота агрегату пов’язана з дією рухомих і обертових елементів машинно-тракторного агрегату, значними тяговими зусиллями, підвищеним рівнем шуму, вібрації, запиленістю повітря робочої зони, а також небезпекою травмування під час технічного обслуговування, регулювання та транспортування машини.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами під час експлуатації плоскоріза є різні ризики, пов’язані як із роботою техніки, так і з умовами праці. Зокрема, небезпеку становлять рухомі частини трактора та навісної системи, які можуть спричинити травмування працівника. Існує також ризик отримання травм під час навішування або зняття машини, а також у разі самовільного опускання чи зміщення робочих органів.

Під час маневрування агрегату можливий наїзд на працівника, що потребує особливої уважності та дотримання правил безпеки. У процесі роботи на сухих ґрунтах утворюється підвищена запиленість повітря, яка негативно впливає на органи дихання. Крім того, тракторист зазнає впливу шуму та вібрації, що може призводити до втоми і погіршення самопочуття.

Небезпеку також становить можливість перекидання агрегату під час роботи на схилах або нерівній місцевості. Певний ризик виникає і під час очищення робочих органів від рослинних решток та ґрунту, оскільки це

може призвести до травмування. Окремо слід враховувати ймовірність займання пально-мастильних матеріалів, що вимагає дотримання правил пожежної безпеки.

Особливу увагу слід приділити міцності кріплення стояків, робочих органів і опорних елементів. Забороняється експлуатація машини при наявності тріщин у зварних швах, деформацій рами, послаблених болтових з'єднань або несправностей гідросистеми трактора.

4.2. Вимоги безпеки під час агрегатування, роботи та технічного обслуговування

Перед виїздом у поле тракторист зобов'язаний переконатися, що робочі органи підняті у транспортне положення, а сам агрегат не створює небезпеки для оточуючих. Під час транспортування дорогами загального користування необхідно дотримуватися правил дорожнього руху, використовувати світлову сигналізацію та, за потреби, позначати широкогабаритну машину попереджувальними знаками.

Під час виконання польових робіт необхідно суворо дотримуватися правил безпеки, оскільки їх порушення може призвести до травм або аварійних ситуацій. Зокрема, забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи агрегату, адже це створює підвищений ризик наїзду або травмування. Не допускається очищення робочих органів під час руху чи при не заглушеному двигуні, оскільки це є небезпечним для життя і здоров'я працівника.

Також категорично заборонено виконувати будь-які регулювання під навантаженням, адже це може спричинити раптові збої в роботі техніки. Робота на несправному агрегаті є неприпустимою, оскільки збільшує ймовірність поломок і нещасних випадків. Не можна перевищувати допустиму робочу швидкість, щоб уникнути втрати контролю над технікою.

Крім того, забороняється виконувати різкі повороти при заглиблених робочих органах, оскільки це може призвести до пошкодження агрегату або його перекидання.

Особливо небезпечними є операції очищення стояків та робочих органів від налиплого ґрунту, бур’янів і пожнивних решток. Такі роботи слід виконувати лише після повної зупинки агрегату, опускання машини на ґрунт або встановлення її на стійкі опори, вимкнення двигуна трактора та виключення можливості самовільного опускання навісної системи. Для очищення необхідно використовувати спеціальні скребки, гаки або лопати. Очищення руками без засобів захисту не допускається.

Під час технічного обслуговування і ремонту плоскоріза працівники повинні користуватися справним інструментом та індивідуальними засобами захисту. У разі демонтажу окремих вузлів необхідно забезпечити їх надійну фіксацію. При проведенні зварювальних робіт слід дотримуватися вимог пожежної безпеки, не допускати наявності пального, мастил та сухих рослинних решток у зоні зварювання.

4.3. Пожежна безпека при експлуатації агрегату

Під час роботи машинно-тракторного агрегату існує небезпека виникнення пожежі внаслідок несправності паливної системи, потрапляння мастила на нагріті поверхні двигуна, короткого замикання електропроводки або загоряння сухих рослинних решток. Особливо небезпечними є умови роботи в посушливий період, коли на полі наявна велика кількість сухої стерні та пилу.

Для забезпечення пожежної безпеки трактор має бути укомплектований справним вогнегасником, лопатою та іншими засобами первинного пожежогасіння. Не допускається підтікання палива, мастила чи робочих рідин. Слід регулярно очищати двигун, випускний колектор, радіатор та інші вузли від пилу, бруду й рослинних залишків. Заправлення паливом необхідно проводити тільки при вимкненому двигуні, у спеціально

відведених місцях, з дотриманням правил пожежної безпеки. Паління та використання відкритого вогню поблизу машини забороняється.

4.4. Заходи із захисту навколишнього середовища

Запропонований плоскоріз належить до робочих органів ґрунтозахисного типу, тому його використання має не лише технологічні, а й екологічні переваги. Основною з них є зменшення інтенсивності руйнування ґрунтової структури. На відміну від традиційного полицевого обробітку, плоскоріз не перевертає пласт повністю, а лише підрізає й розпушує його на заданій глибині. Завдяки цьому на поверхні поля зберігається значна кількість стерні та пожнивних решток, які виконують захисну функцію.

Збереження рослинних решток на поверхні ґрунту дозволяє:

- зменшити небезпеку вітрової ерозії;
- послабити інтенсивність водної ерозії;
- знизити випаровування вологи з поверхні поля;
- поліпшити накопичення снігу в зимовий період;
- зменшити перегрів поверхневого шару ґрунту;
- сприяти поступовому накопиченню органічної речовини.

Важливим екологічним ефектом є також зменшення ущільнення ґрунту, оскільки плоскорізний обробіток може виконуватись за меншої кількості проходів техніки. Це сприяє збереженню пористості орного шару, покращує повітряний та водний режим ґрунту, створює кращі умови для розвитку кореневої системи рослин.

Щоб мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище під час експлуатації агрегату, необхідно дотримуватися комплексу екологічно обґрунтованих заходів. Зокрема, важливо витримувати встановлену глибину обробітку ґрунту та не допускати надмірного руйнування його поверхневого шару, що сприяє збереженню структури й родючості. Польові

роботи слід виконувати у строки, які відповідають фізичній стиглості ґрунту, оскільки це дозволяє уникнути його пошкодження та ущільнення.

Необхідно також уникати роботи на перезволожених ґрунтах, щоб не спричиняти додаткового ущільнення та погіршення водно-повітряного режиму. Важливим є контроль за технічним станом агрегату: не допускаються витоки пального, мастил і технічних рідин, які можуть забруднювати довкілля. Відпрацьовані матеріали потрібно своєчасно збирати й утилізувати відповідно до встановлених вимог. Крім того, підтримання техніки у справному стані сприяє зменшенню токсичних викидів двигуна та загального негативного впливу на навколишнє середовище.

Під час технічного обслуговування агрегату особливу увагу слід приділяти недопущенню забруднення ґрунту нафтопродуктами. Заміна мастила, доливання технічних рідин, миття та ремонт машини повинні проводитися на спеціально підготовлених майданчиках. Забороняється зливати відпрацьоване мастило чи паливо безпосередньо на ґрунт.

Висновки по розділу

1. У результаті аналізу умов праці при використанні запропонованого плоскоріза встановлено, що безпечна експлуатація агрегату забезпечується за умови справного технічного стану трактора і машини, правильного агрегатування, дотримання вимог безпеки під час роботи, технічного обслуговування та транспортування. Основними небезпечними факторами є рухомі частини машинно-тракторного агрегату, запиленість, шум, вібрація, а також можливість травмування при очищенні та регулюванні робочих органів.

2. З екологічної точки зору застосування плоскоріза є доцільним, оскільки такий робочий орган сприяє збереженню стерні на поверхні поля,

зменшує небезпеку водної та вітрової ерозії, допомагає зберігати вологу в ґрунті та знижує інтенсивність деградаційних процесів. Отже, використання запропонованого плоскоріза відповідає не лише вимогам охорони праці, а й сучасним принципам екологічно безпечного землеробства.

5. ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ

Відповідно до отриманого завдання в дипломному проєкті було виконано модернізацію культиватора-плоскоріза, призначеного для основного обробітку ґрунту. Запропоноване конструктивне рішення має низку переваг, серед яких слід відзначити підвищення якості обробітку ґрунту. Це сприяє кращому накопиченню та збереженню вологи в орному шарі, що, своєю чергою, позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур, особливо тих, які найбільш чутливі до рівня вологозабезпечення.

Згідно з розрахунками, наведеними в третьому розділі, продуктивність розробленого агрегату становить 2,0 га/год. Для порівняння, паспортна продуктивність машини КПГ-250А дорівнює 2,57 га/год. Саме відносно цієї базової машини доцільно проводити подальшу оцінку економічної ефективності запропонованої модернізації.

Таблиця 5.1.

Початкові дані для визначення техніко-економічних показників

№	Показник	Показник вимірювання	Технологічний агрегат	
			Серійна	Модернізована
1	Річна програма робіт	га	190	190
2	Показник продуктивності	га/год	2,0	2,57
3	Питома витрата палива	л/га	7,82	6,31
4	Вартість трактора	грн.	990000	990000
5	Вартість с.г. машини	грн	80000	83000
6	Число обслуговуючих працівників	чол.	1	1

Повний розрахунок економічної ефективності розробленої конструкції наведено в додатку а дипломного проєкту. основні результати розрахунків, які характеризують доцільність упровадження запропонованого технічного рішення, зведено та подано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Економічна доцільність виконаної роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Тип роботи	Головний обробіток ґрунту	
2	Об”єм роботи,га	190	190
3	Комплектація агрегату: Трактор Машина	 ХТЗ-17221 КПГ-250А	 ХТЗ-17221 КПГ-250М
4	Робоча продуктивність, га/год	2,0	2,57
5	Кількість нормо-годин на виконання обсягу робіт	95,0	73,93
6	Персонал з обслуговування машини -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	 1 -	 1 -
7	арифно-кваліфікаційний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн/год	162,80	162,80
9	Нормативна витрата пального, кг/га	7,82	6,31
10	Вартість за балансом, грн: - трактора - машини	 990000 80000	 990000 83000
11	Витрати на експлуатацію: грн/га Сума амортизаційних відрахувань: -трактор -машина Вартість паливно-мастильних матеріалів	 2614,17 606,77 131,03 660,79	 2300,01 472,20 105,80 533,20

12	Інвестиційні витрати, грн/га	5631,58	5647,37
13	Сукупні приведені витрати, грн/га	3458,91	3147,11
14	Річна економічна вигода, грн		59241,65
15	Період окупності, років		0,1

Висновок по розділу

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що запропонована машина, хоча й має вищу вартість у порівнянні з прототипом, характеризується достатньо високою економічною ефективністю. Зростання продуктивності забезпечує одержання прогнозованого річного економічного ефекту в розмірі 59241,65 грн при річному обсязі виконуваних робіт 190 га, що підтверджує доцільність її впровадження у виробничих умовах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні причини ерозії ґрунту, серед яких найбільш суттєвими є багаторазові проходи важкої техніки, переущільнення орного й підорного горизонтів, порушення структури ґрунту, зниження вмісту органічної речовини, недостатня кількість пожнивних решток на поверхні поля та недотримання раціональної технології обробітку. Установлено, що традиційні способи обробітку не завжди забезпечують належний рівень захисту ґрунту від деградації.

2. На основі виконаного аналізу обґрунтовано доцільність розробки нової конструкції плоскорізної пасивної лапи, яка забезпечує раціональний характер взаємодії з ґрунтом. Запропонований підхід орієнтований на оптимізацію руху ґрунтового шару, підвищення ефективності його розпушення, зменшення енергетичних витрат і покращення якості обробітку, що свідчить про практичну значущість та елементи новизни розробки.

3. У результаті розрахунку визначено, що горизонтальна складова опору ґрунту на один робочий орган дорівнює 6,83 кН, а вертикальна - 1,71 кН. Максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі стояка-опори становить 3,93·1063{,}93 \cdot 10^63,93·106 Н·мм.

Перевіркою на міцність установлено, що напруження згину в опорі дорівнює 12,28 МПа, а напруження зрізу - 1,42 МПа, що значно менше допустимих значень для сталі 35. Це свідчить про достатню міцність і надійність робочого органу в заданих умовах експлуатації. Отже, запропонований робочий орган плоскоріза відповідає вимогам міцності, має достатній запас надійності та може бути рекомендований для подальшого використання в конструкції культиватора-плоскоріза.

4. У результаті енергетичної оцінки встановлено, що сумарний тяговий опір запропонованого плоскоріза становить 13,66 кН. Для роботи машини з робочою швидкістю 3,25 м/с необхідна тягова потужність 44,40 кВт, а з

урахуванням загального коефіцієнта використання потужності необхідна ефективна потужність двигуна становить 59,20 кВт.

Визначено, що питома потужність машини дорівнює 20,18 кВт/м, а питомий тяговий опір - 6,21 кН/м ширини захвату. Отримані значення свідчать про прийнятну енергоємність технологічного процесу та підтверджують можливість ефективного агрегатування плоскоріза з тракторами класу , Т-150К або ХТЗ-17221.

5. У результаті розрахунку встановлено, що при роботі агрегату з плоскорізом годинна витрата дизельного палива становить 13,62 кг/год, або 16,21 л/год. За продуктивності 2,57 га/год питомі витрати палива становлять 5,30 кг/га, або 6,31 л/га. Отримані значення свідчать про достатньо економічну роботу агрегату та підтверджують енергетичну доцільність застосування запропонованого плоскоріза.

6. Запропоновано комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зниження виробничого ризику, попередження травматизму та забезпечення нормальних умов праці механізатора.

7. Проведені розрахунки свідчать про те, що розроблена машина, незважаючи на дещо вищу вартість порівняно з базовим зразком, є економічно доцільною у використанні. Завдяки підвищенню продуктивності її застосування забезпечує помітний економічний результат, що дає підстави рекомендувати дану конструкцію до впровадження у виробництво. Очікуваний річний економічний ефект становить 59241,65 грн за річного обсягу робіт 190 га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1/ А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. - К.: Агроосвіта, 2012. - 584 с.

2. Бойко І.Г., Кравчук В.І. Аналіз сучасних машин для безполицевого обробітку ґрунту // Вісник аграрної науки. - 2021. - №7. - С. 58-64.

3. Головчук А.Ф., Орлов В.Ф., Строков О.П. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн./ За ред. проф. А.Ф. Головчука. Книга 1 - Трактори. . - К.: Грамота, 2003 р.- 336 с.

4. Мельник С.М., Григоренко І.В. Тенденції розвитку ґрунтообробних машин // Техніка і технології АПК. - 2022. - №3. - С. 22-28.

5. Кравчук В.І., Погорілий В.М. Сучасні напрями вдосконалення робочих органів культиваторів // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 2020. - Вип. 10. - С. 45-52.

6. Пастухов В.І. Довідник з машиновикористання в землеробстві /За ред..В.І Пастухова. - Харків: «Веста» - 2001, 347 с.

7. Марченко В.І. «Сільськогосподарські машини» Підручник. - К.: Вища шк., 1999. - 344 с.

8. Войтюк Д.Г, Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. «Сільськогосподарські машини та меліоративні машини» Київ, «Вища освіта» 2004.

9. Лисенко В.Г., Шевченко О.О. Дослідження роботи плоскорізних робочих органів // Науковий вісник НУБіП України. - 2021. - Вип. 266. - С. 112-118.

10. Пастушенко С.І., Руденко О.Г., Іщенко В.В. Практикум з теоретичної механіки. - Вінниця: Нова книга, 2006. - 382 с.

11. Петренко Д.О. Енергоефективність безполицевого обробітку ґрунту // Агроінженерія. - 2023. - №5. - С. 30-36.

12. Гаєва Л. І. Використання експлуатаційних матеріалів та економія паливно-енергетичних ресурсів : навч. посіб. / Л. І. Гаєва, Ф. В. Козак, В. М. Мельник. - Івано-Франківськ ІФНТУНГ, 2014.222 с.

13. Кравчук В.І., Мельник С.М. Механізація технологічних процесів у рослинництві. - К.: НУБіП України, 2020. - 520 с.

14. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера.- К.: Урожай, 1991.- 397 с.

15. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль, 2001. 314 с

16. Ружицький М.А. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. - К.: Аграрна освіта, 2010. - 617 С

17. Технічний сервіс в АПК : навчально-методичний комплекс : навч. посіб. для студентів інжен. спец. на осв.-кваліф. рівні «Бакалавр» напрямку «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / [С.М. Грушецький, І.М. Бендера, О.В. Козаченко та ін.] за ред. С.М. Грушецького, І.М. Бендери. - Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014. - 680 с

18 Теслюк Г.В., Магала Д.С. Огляд конструкцій культиваторів для обробітку грунту / Міжнародна наукова інтернет-конференція «Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 52)» / Збірник тез доповідей: випуск 52 (м. Тернополь, 14 жовтня 2020 р.). - Тернопіль. 2020. - с. 41 - 43.

19. Теслюк Г.В. Впровадження інноваційних технологій органічного землеробства в Україні./ Г.В. Теслюк., О.О. Колбасін. Екологія і природокористування в смстемі оптимізації відносин природи і суспільства: матеріали II між- народної науково-практичної Інтернет конференції. 19 - 20 березня 2015 р. - Тернополь: Крок, 2015. - с. 247 - 249.

20. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» - Дніпро: ДДАЕУ, 2022.- 45с.

21. Гаврилюк М.М., Погорілий В.М. Ґрунтообробні машини та знаряддя. - Харків: ХНТУСГ, 2017. - 410 с

22. Погорілий В.М., Кравчук В.І. Технічні засоби сучасного землеробства. - К.: Аграрна освіта, 2021. - 390 с.

23. Ловейкін В.С., Рогач Ю.П. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. - К.: Вища освіта, 2019. - 450 с.

24. Ільченко В.Ю. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетр. держ. агр. ун-т./ В.Ю. Ільченко, А.С. Кобець, П.М. Кухаренко. - Дніпропетровськ, 2002. - 212 с.

25. Кравчук В.І. Сучасні технології обробітку ґрунту // Вісник аграрної науки. - 2020. - №5. - С. 33-40.

26. Гринь В.В. Основи охорони праці у сільському господарстві: Підручник / В.В. Гринь, О.А. Ковальчук. - Одеса: Одеський аграрний університет, 2017. - 480 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Обсяг сезонної роботи:

Базовий	Проект
$W_{СЕЗ}$ = 190 га	$W_{СЕЗ}$ = 190 га

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий	Проект
$К_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{190}{2,0} = 95$год	$К_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{190}{2,57} = 73,93$ год

Витрати праці:

Базовий	Проект
$В_П = К_{НГ} \cdot n = 95 \cdot 1 = 95$ год	$В_П = К_{НГ} \cdot n = 73,93 \cdot 1 = 73,93$ год

де n – кількість обслуговуючого персонала.

Тарифний розряд роботи - п′ятий з тарифною ставкою 162,8 грн/год.

Норма витрати палива у відповідності з виконаними у главі 3 розрахунками становить:

Базовий	Проект
$В_{ПММ}$ = 7,82 кГ/га	$В_{ПММ}$ = 6,31 кг/га

Комплексна ціна паливо-мастильних матеріалів – $Ц_{ПММ}$ = 84,50 грн/кг.

Балансова вартість агрегатів:

(Спроектована машина складніша за серійну і тому її вартість дещо вища. Ціна визначена методом експертної оцінка, виходячі з ваги агрегата)

Базовий		Проект	
Трактор ХТЗ-17221	- 990000 грн	Трактор ХТЗ-17221	- 990000 грн
КПГ-250А	- 80000 грн	КПГ-250М	- 83000 грн
Всього	1070000 грн	Всього	- 1073000 грн

Норма амортизації для трактора – 15%, машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік –

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{ТО}$ = 11% - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_З$ = 0,2% - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{ТР}$ = 8% - норма відрахувань на ремонт.

Експлуатаційні витрати :

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$П = \frac{C_T}{W_{ГОД}} \cdot K_1 \cdot K_{\square},$$

де $С_Т$ - тарифна ставка, 162,80 грн/год;

$К_1$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$К_2$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні мероприємства.

У розрахунку на 1 га

Базовий	Проект
$П = \frac{162,80}{2,0} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 134,31$ грн/га	$П = \frac{162,80}{2,57} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 104,52$ грн/га

У розрахунку на весь обсяг роботи

П = 134,31 ·190 = 25518,90 грн	П = 104,52 ·190 = 19859,07 грн

Амортизація основних засобів:

У розрахунку на 1 га

Базовий Проект

Трактор: $А_{ТР} = \frac{990000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 2,0} = 606,77$грн/га

$А_{ТР} = \frac{990000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 2,57} = 472,20$грн/га

машина: $А_{М} = \frac{80000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,0} = 131,03$ грн/га

$А_{М} = \frac{83000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,57} = 105,80$ грн/га

Всього: $А_{\Sigma} = 606,77+131,03= 737,81$ грн/га

$А_{\Sigma} = 472,20+105,80= 577,99$ грн/га

У розрахунку на весь обсяг роботи

Трактор $А_{тр} = 606,77 \cdot 190 = 115286,3$ грн $А_{тр} = 472,2 \cdot 190 = 89718$ грн

Машина $А_{м} = 131,03 \cdot 190 = 24895,7$ грн $А_{м} = 105,8 \cdot 190 = 20102$ грн

Всього А = 115286,3 + 24895,7 = 140182 грн А=89718+20102 =109820 грн

Витрати на паливо-мастильні матеріали:

У розрахунку на 1 га:

Базовий

$В_{ПММ} = Ц_{ПММ} \cdot В_{ПММ} = 84,5 \cdot 7,82 = 660,79$ грн/га

Проект

$В_{ПММ} = 84,5 \cdot 6,31 = 533,20$ грн/га

У розрахунку на весь обсяг роботи

$В_{ПММ} = 660,79 \cdot 190 = 125550,10$ грн $В_{ПММ} = 533,20 \cdot 190 = 101307,05$ грн

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$В = \frac{В_Б \cdot (\alpha_{ТО} + \alpha_З + \alpha_{ТР})}{100 \cdot К_{НГ} \cdot W_{ГОД}} \cdot К,$$

де $В_Б$ – балансова вартість, грн;

К – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

У розрахунку на 1 га

Базовий

Трактор: $В_{ТР} = \frac{990000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 95,0 \cdot 2,0} = 1000,42$грн/га

Проект

$$В_{ТР} = \frac{990000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 73,93 \cdot 2,57} = 1000,42\text{грн/га}$$

Машина: $В_{М} = \frac{80000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 95,0 \cdot 2,0} = 80,84$грн/га

$$В_{М} = \frac{83000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 73,93 \cdot 2,57} = 83,87\text{грн/га}$$

Всього по агрегату:

Базовий

$В_{ТР} = В_{ТР} + В_{М} = 1000,42 + 80,84 = 1081,26$ грн/га

Проект

$В_{ТР} = 1000,42 + 83,87 = 1084,29$грн/га

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий Проект

$Е_{В} = 134,31+737,81+660,79+1081,26 = 2614,17$ грн/га

$Е_{В} = 104,52+577,99+533,20+1084,29 = 2300,01$ грн/га

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий Проект

$Е_{\Sigma} = Е_{В} \cdot W_{СЕЗ} = 2614,17 \cdot 190 = 496692,65$ грн $Е_{\Sigma} = 2300,01 \cdot 190 = 437001,00$ грн

Капітальні вкладення на 1 га:

	Базовий	Проект
Трактор:	$К_В = \frac{В_Б}{W_{СЕЗ}} = \frac{990000}{190} = 5210{,}53$грн/га	$К_В = 5210{,}53$ грн/га
Машина:	$К_В = \frac{80000}{190} = 421{,}05$грн/га	$К_В = \frac{83000}{190} = 436{,}84$грн/га
Всього:	$К_В = 5210{,}53 + 421{,}05 = 5631{,}58$ грн/га	$К_В = 5210{,}53 + 436{,}84 = 5647{,}37$ грн/га

Приведені витрати на 1га:

$$П_В = Е_В + 0{,}15 \cdot К_В$$

Базовий Проект

$П_В = 2614,17 + 0,15 \cdot 5631,58 = 3458,91$ грн/га

$П_В = 2300,01 + 0,15 \cdot 5647,37 = 3147,11$ грн/га

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий Проект

$П_{В\Sigma} = П_В \cdot W_{СЕЗ} = 3458,91 \cdot 190 = 657192,65$ грн

$П_В = 3147,11 \cdot 190 = 597951,00$ грн

Річний економічний ефект:

$E_E = 657192,65 – 597951,00 = 59241,65$ грн

Термін окупності:

$T_o = 1073000\text{-}1070000/59241,65 = 0,1$ років

Результати розрахунків представлено у табл. 5.1

Фрм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
А1			52.ДП.077.000.002.СК	Складальне креслення		
				Складові одиниці		
		1	52.ДП.077.001.002.	Рама	1	
		2	52.ДП.077.002.002.	Коток	1	
		3	52.ДП.077.003.002.	Плоскорізальна лапа	2	
		4	52.ДП.077.004.002.	Тяга	1	
		5	52.ДП.077.005.002.	Кронштейн	2	
				Стандартні одиниці		
				Болт М-20*150	6	
				ГОСТ 17776-88		
				Гайка М-20.058	6	
				ГОСТ 981670		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	52.ДП.077.000.002.СК		
Розроб.		Волков М.С			Культиватор-плоскоріз (складальне креслення)	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		.Теслюк Г.В.						
Реценз.						ДДАЕУ		
Н. Контр.		Золотовська						
Затверд.		Теслюк Г.В						

Форм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
					.	
				Документація		
А1			52.ДП.077.000.003. СК	Лапа плоскорізальна		
				Деталі		
		1	52.ДП.077.001.003.	Шока ліва	1	
		2	52.ДП.077.002.003.	Щока права	1	
		3	52.ДП.077.003.003.	Башмак	1	
		4	52.ДП.077.004.003.	Стояк	1	
				Стандартні одиниці		
				Болт М-20*150	3	
				ГОСТ 17776-88		
				Гайка М-20.058	3	
				ГОСТ 981670		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	52.ДП.077.000.003.СК		
Розроб.		Волков М.С.			Лапа плоскорізна (складальне креслення)	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		.Теслюк Г.В.						
Реценз.						ДДАЕУ		
Н. Контр.		Золотовська						
Затверд.		Теслюк Г.В						