

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

Пояснювальна записка

до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

« Магістр »

на тему: «Удосконалення організації технічного обслуговування
культиватора КПС-4 шляхом обґрунтування періодичності проведення та
умов виконання ТО»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ОПП Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
освітнього ступеня «магістр» групи 1

Керівник: _____

Рецензент: _____

Полтава – 2022 року

РФЕРАТ

Дипломна робота виконана на тему: «Удосконалення організації технічного обслуговування культиватора КПС-4 шляхом обґрунтування періодичності проведення та умов виконання ТО».

Дипломна робота складається із пояснювальної записки, що містить 60 сторінок, 17 рисунків, 19 таблиць, та графічної частини у формі презентації з демонстрацією отриманих в дипломній роботі результатів на 7 слайдах.

Метою дипломної роботи є обґрунтування періодичності проведення та умов виконання технічних обслуговувань плоскорізальних стрілочастих культиваторних лап в залежності від їх наробітку. Об'єктом дослідження дипломної роботи є технологічний процес роботи культиваторних лап із різним спрацюванням їх кромки лез. Предметом досліджень є характер зміни енергетичних та якісних показників роботи культиваторних лап із різним спрацюванням їх кромки лез.

Методи досліджень теоретичні дослідження процесів взаємодії леза лапи ґрунтовим середовищем проведені з використанням механіко-математичного моделювання на підставі основних положень вищої математики, теоретичної й аналітичної механіки, опору матеріалів та землеробської механіки. Оптимальний міжремонтний наробіток культиваторних лап обґрунтовано за критерієм витрати коштів.

Річна економічна ефективність від застосування нового методу оптимізації міжремонтного наробітку (для культиватора КПС-4 при річному навантаженні 400 га/рік) становитиме 148 грн/рік.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ПЕРІОДИЧНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ, УМОВИ ВИКОНАННЯ, КУЛЬТИВАТОРНА ЛАПА, АБРАЗИВНЕ ЗНОШУВАННЯ, ЯКІСТЬ КУЛЬТИВАЦІЇ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	7
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ	10
1.1. Аналіз умов спрацювання робочих органів ґрунтообробних машин	10
1.2. Аналіз впливу спрацювання різальних крайок стрілочастих культиваторних лап на енергетичні і якісні показники їх роботи	13
1.3. Аналіз критеріїв для визначення наробітку на відмову і проведення технічного обслуговування культиваторних лап	15
1.4. Висновки за розділом 1	17
2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	18
2.1. Планування експериментальних досліджень	18
2.2. Методика визначення характеристик стану та умов проведення досліджень	22
2.3. Методика дослідження характеру та величини спрацювання крайки леза культиваторної лапи у залежності від наробітку	23
2.4. Методика визначення залежності тягового опору від ступеня спрацювання крайки леза лапи	24
2.5. Висновки за розділом 2	27
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	28
3.1. Результати визначення оптимального наробітку стрілочастих лап культиваторів між технічними обслуговуваннями	28
3.2. Результати визначення витрат коштів на відновлення крайки леза культиваторної лапи	31
3.3. Результати визначення оптимального наробітку культиваторних лап між технічними обслуговуваннями	32
3.4. Результати лабораторних досліджень впливу ступеня спрацювання крайки леза лапи на тяговий опір	34
3.5. Результати польових дослідження динаміки спрацювання та затуплення крайки леза лапи культиватора	39

3.6. Результати польових дослідження впливу спрацювання крайки леза культиваторної лапи на якість обробітку	41
3.7. Висновки за розділом 3	42
4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
4.1. Рекомендації щодо удосконалення організації технічного обслуговування культиватора КПС-4	43
4.2. Екологічна експертиза	45
4.3. Охорона праці	48
4.4. Техніко-економічне обґрунтування досліджень	51
4.5. Висновки за розділом 4	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56
ДОДАТКИ	59

ВСТУП

Актуальність теми Загально визнано, що важливою умовою підвищення економічної ефективності землеробства є забезпечення високопродуктивних і якісних показників роботи сільськогосподарських машин та знарядь. Підвищення культури землеробства тісно пов'язано із якістю виконання технологічного процесу обробітку ґрунту. Підвищення експлуатаційних та якісних показників роботи ґрунтообробних робочих органів є запорука отримання високих врожаїв та збереження енергоресурсів.

Якість роботи машин для обробітку ґрунту погіршується внаслідок швидкого спрацювання їх робочих органів. Таким чином, від величини спрацювання останніх залежатиме ефективність роботи агрегатів.

Головною вимогою до роботи культиваторних лап є забезпечення якісного виконання технологічного процесу при можливо мінімальних енерговитратах.

Для визначення допустимого спрацювання, яке можна виразити обробленою площею або пройденим шляхом, необхідно знати, як впливає ступінь спрацювання на основні показники роботи лап. Наявність такої інформації дозволить обґрунтувати оптимальну періодичність проведення технічного обслуговування, тобто найбільш ефективно використовувати культиваторних лап, що і підтверджує актуальність досліджень.

Метою дипломної роботи є обґрунтування періодичності проведення та умов виконання технічних обслуговувань плоск орізальних стрілочастих культиваторних лап в залежності від їх наробітку.

Для досягнення мети формуємо послідовність відносно самостійних наукових завдань:

1. Теоретично обґрунтувати залежність величини спрацювання крайки леза лапи та зростання питомого опору від наробітку культиваторного агрегату;
2. Експериментально дослідити вплив величини спрацьованої крайки

леза лапи на періодичність її загострення;

3. Обґрунтувати оптимальний наробіток стрілчастих лап між технічними обслуговуваннями та визначити техніко-економічну ефективність їх проведення.

Об'єкт дослідження – технологічний процес роботи культиваторних лап із різним спрацюванням їх крайки леза.

Предметом дослідження – характер зміни енергетичних та якісних показників роботи культиваторних лап із різним спрацюванням їх крайки леза.

Методика досліджень. теоретичні дослідження процесів взаємодії крайки леза лапи з ґрунтовим середовищем проведені з використанням механіко-математичного моделювання на підставі основних положень вищої математики, теоретичної й аналітичної механіки, опору матеріалів та землеробської механіки. Оптимальний наробіток культиваторних лап між технічними обслуговуваннями обґрунтовано за критерієм витрати коштів.

Експериментальні дослідження виконували у лабораторних і виробничих умовах за відповідними методиками з використанням спеціального і стандартного обладнання, дослідних (модельованих) зразків ґрунтообробних робочих органів. При обробці отриманих результатів використовувалися методи математичної статистики.

Теоретична значущість роботи полягає у наступному:

- встановлена аналітична залежність зміни опору ґрунту від величини спрацювання крайки леза культиваторних лап та основних впливових факторів;

- встановлено аналітичну залежність оптимального наробітку лап між черговими технічними обслуговуваннями від експлуатаційних показників роботи та вартості проведення ТО;

- отримані математичні моделі залежності тягового опору, глибини обробітку від величини спрацювання крайки леза лап.

Практична значущість роботи полягає в розробленні методики

визначення оптимального наробітку плоскорізальних стрілчастих культиваторних лап між технічними обслуговуваннями на основі комплексного підходу відповідно до системи якості «поле-машина». Результати роботи використані у рекомендаціях по експлуатації та обслуговуванню стрілчастих лап культиваторів. Використання даної методики сприяє якісному виконанню технологічної операції з дотриманням допустимих агротехнічних вимог якісних показників та зменшенню сумарних витрат на проведення технічних обслуговувань та енерговитрати.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз умов спрацювання робочих органів ґрунтообробних машин

Проектування конструктивних параметрів робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь передбачає врахування як різновидів виконуваних технологічних операцій, так і особливостей фізико-механічних властивостей ґрунту.

Питанню взаємодії робочих органів із ґрунтовою масою присвячені дослідження Кушнар'ова А.С., Кочев В.І., Панченка А.М. Дубровіна В.О., Гукова Я.С., Шевченко І.А. та ін. [1-5].

Термін «абразивне спрацювання» походить від латинського слова *abradeze*, що означає обскоблювати, зіскоблювати. Процес спрацювання робочих органів надто складний із за мінливості умов і абразивних властивостей різних типів ґрунтів.

У даний час не існує остаточної теорії, яка б розкривала механізм абразивного спрацювання робочих органів у ґрунтовому середовищі.

На думку Костецького Б.І. абразивне спрацювання як підвид механічного, має дві чітко виражені форми: перша – де переважає хімічне руйнування, друга – механічне. Останній підвид спрацювання вважається достатньо поширеним [6].

Вчені вважають, що спрацювання лез різальних робочих органів відбувається внаслідок дряпання металу гострими кутами й ребрами твердих ґрунтових частинок. Серед мінералів, які знаходяться у ґрунті, найбільшу твердість має кварц (7 одиниць по шкалі Мооса) і польовий штап (6 одиниць). Ці мінерали, особливо кварц, є основною складовою більшості піщаних ґрунтів. Значно меншу твердість мають частинки порід, які утворюють глинисті ґрунти, тому інтенсивність спрацювання робочих органів на суглинках порівняно із супісками значно менша.

Посилаючись на роботи Баукова А.В., Кушнар'ова А.С., та ін., можна

зробити узагальнюючий висновок про те, що абразивність ґрунтів знаходиться у прямій залежності від вмісту у ньому твердих мінеральних частинок розміром більших 0,01 мм. [7].

Абразивні частинки, які знаходяться у контакті з поверхнею металу, можна умовно розділити на дві групи.

– частинки, які в процесі взаємодії з поверхнею деталей унаслідок незначних сил зчеплення матеріалу руйнуються, не завдаючи суттєвих деформацій поверхні матеріалу.

– частинки, тиск на площу контакту яких доходить до межі циклічних навантажень. Вони викликають багаторазове деформування поверхні тертя і цим прискорюють процес руйнування. Таке руйнування є умовним, внаслідок того, що абразивна частинка в різні моменти взаємодії може здійснювати як активний процес руйнування, так і пластичне деформування поверхні матеріалу.

Таким чином, спрацювання деталей робочих органів являє собою змішаний процес поверхневого руйнування.

Інтенсивність спрацювання деталей залежить від розмірів абразивних частинок, їх твердості, міцності й гостроти крайок. Тому при вивченні механізму абразивного спрацювання важливо знати розміри абразивних частинок. Існує думка, що спрацювання залежить виключно від механічного складу ґрунту. Найбільший вплив на спрацювання мають абразивні частинки ґрунту розміром 0,1-0,35 міліметри.

Однак, існують підтвержені дослідження, що при збільшенні діаметра частинок абразивні властивості середовища зростають. Так, наприклад, спрацювання частинками діаметром 0,5-1,0 мм у чотири рази вище, ніж частинками діаметром 0,1-0,25 міліметри.

Спрацювання включає дві самостійні стадії: проникнення частинок (втиснення) і її руйнуюча дія при наявності тангенціальних сил. Опір матеріалу на цих стадіях взаємодії визначає його стійкість до спрацювання. Опір руйнуванню поверхні тертя обумовлений властивостями поверхневого

шару матеріалу. Глибина пластичних або крихких слідів подряпин визначає кінцеву величину спрацювання (характер руйнування).

Таким чином, загальний рівень опору сплавів абразивному спрацюванню залежить від опору втискуванню частинок у поверхню й блокуванню переміщення шляхом утворення тріщин і сколів.

Серед опублікованих робіт, що безпосередньо стосуються встановлення залежності між зносостійкістю та твердістю металу, необхідно виділити широко відомі дослідження Фененко А.Н., та Агулова І.І. [8]. Вони виявили прямо пропорційну залежність зносостійкості від твердості технічно чистих металів. У термічно обробленій сталі зносостійкість також збільшується (зростання твердості матеріалу), але менш інтенсивно. Дослідники стверджують, що більша частина процесу абразивного спрацювання це мікрорізання, тобто безпосереднє відділення від металу мікроскопічної стружки внаслідок дряпання абразивними частинками.

Автори спостерігали на поверхні металу залишки мікроскопічної стружки і впевнились, що не всі абразивні частинки призводять до мікрорізання, деякі лише спричиняють деформування поверхні матеріалу робочого органу. Вони виділили три ймовірних режими, які визначають умови в залежності від співвідношення твердої частинки абразиву H_a і матеріалу H_M : перший – при умові $H_a > H_M$, спостерігається зростання спрацювання металу; другий – при $H_a = H_M$ величина спрацювання є постійною; третій – при $H_a < H_M$ відбувається незначне абразивне спрацювання металу.

Таким чином, із аналізу джерел інформації можна зробити висновок про те, що для забезпечення високої зносостійкості поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин необхідно використовувати такі матеріали й покриття, основна структура яких по твердості дорівнює або перевищує твердість абразиву ґрунту.

1.2 Аналіз впливу спрацювання різальних крайок стрілчастих культиваторних лап на енергетичні і якісні показники їх роботи

Відомо, що внаслідок зміни геометричних параметрів різальних крайок стрілчастих культиваторних лап відбувається збільшення енергетичних витрат, а також змінюються якісні показники їх роботи.

При збільшенні наробітку культиваторного агрегату змінюються геометричні показники крайки леза культиваторних лап, зменшується довжина їх вістреві частини, загальна ширина й довжина крил лап. Всі ці зазначені зміни по різному впливають на енергетичні (тяговий опір) та якісні (підрізання коренів бур'янів, глибина і рівномірність обробітку, вирівнювання поверхні ґрунту, рівномірність утворення насінневого ложе, грудкуватість та ін.) показники.

Як відомо, найбільш поширеними дефектами культиваторних стрілчастих лап є спрацювання (заокруглення) крайки їх лез, поява нижньої (затильної) фаски, значне спрацювання (зменшення) вістря, злам та згин крил лап [2, 4, 8, 9, 10, та ін].

Дослідженнями встановлено, що середнє значення інтенсивності спрацювання крила лапи знаходиться у межах 0,2-0,7 мг/га.

У роботах дослідників Молодика М.В., Василенка М.О., Чернявського О.О., Матвійченка В.С., вказується, що в наслідок недостатньої зносостійкості, носова частина культиваторних лап спрацьовується в 3-4 рази швидше, ніж крила. Це пояснюється тим, що при русі лапи абразивна маса створює підвищений тиск на носову поверхню лап, а по боковим поверхням вона ковзає [10].

У процесі спрацювання на лезі виникає затильна фаска, яка утворюється під від'ємним кутом – ε , (рис. 1.1).

Величина кута ε , залежить від типу та стану ґрунту як стверджують дослідники Молодик М.В., Василенко М.О., Чернявський О.О., Матвійченко В.С. Затильна фаска леза ущільнює шар ґрунту на дні борозни і це викликає

реактивну силу, на величину якої найбільше впливає висота h [10].

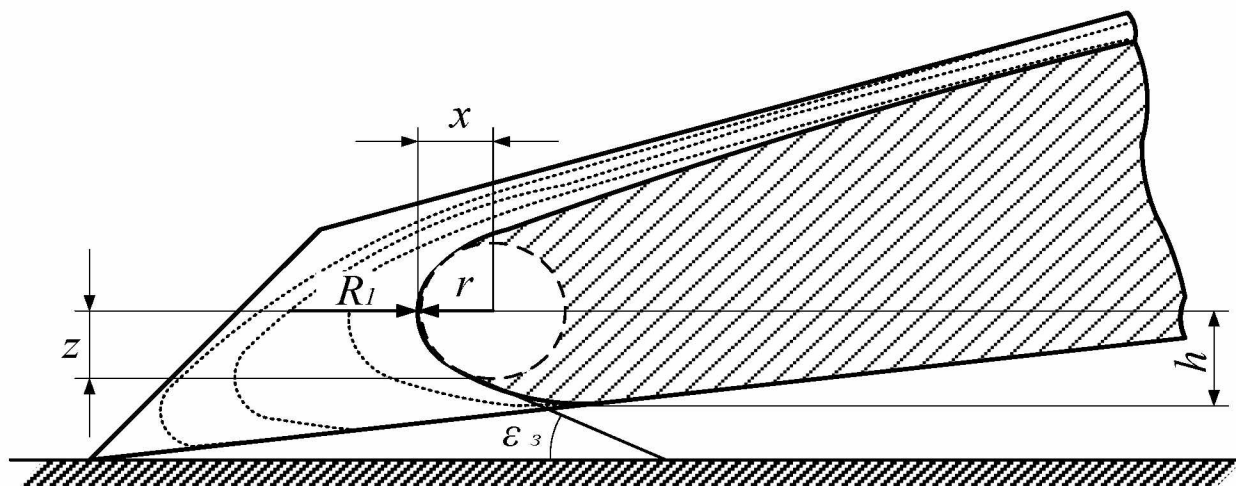


Рисунок 1.1. – Схема зміни профілю крайки леза лапи внаслідок її спрацювання та утворення затильної фаски

У процесі спрацювання висота розташування й ширина затильної фаски постійно збільшується, що викликає зростання реактивної сили, яка досягаючи певної величини, «виштовхує» робочий орган із ґрунту.

На піщаних ґрунтах кут ε_3 може наближатись до нульового значення, а на глинистих досягати 35 градусів. Але у більшості випадків величина кута ε_3 становить 10...12 градусів. Затильна фаска спричиняє значний вплив на тяговий опір, однак, виділити величину цього опору окремо від загального досить важко і тому вплив кута ε_3 на тяговий опір у дослідженнях не розглядається окремо [11].

Основним показником, який визначає працездатність культиваторних лап, є якість підрізання бур'янів.

Численними дослідженнями, встановлено, що лапи з радіусом кола вписаного у профіль спрацьованої кромки леза культиваторної лапи (надалі, для спрощення, радіус леза) 0,01-0,015 см підрізають в межах від 98 до 100 % коренів бур'янів, а з радіусом 0,04-0,06 см – лише 69-74%.

Зміна радіуса різальної крайки леза й кута його загострення впливає на якість виконаної роботи (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. – Кількість підрізаних бур'янів у залежності від радіуса леза лап

№ груп лап	Середній радіус леза лап, мм	Загальна кількість зрізаних бур'янів, %
1	0,2-0,22	96,9
2	0,29-0,34	94,3
3	0,44-0,48	92,2
4	0,5-0,6	81,6

Збільшення радіуса леза й кута загострення лап призводить до зменшення кількості підрізаних бур'янів і встановленої глибини обробітку, підвищення нерівномірності глибини обробітку та збільшення тягового опору агрегату.

Найбільш інтенсивне зменшення середньої глибини обробітку відбувається у стрілчастих лап при збільшенні радіуса леза до 0,4-0,45 мм і кута загострення 20-22 градусів.

Отже, швидке затуплення лез лап значно зменшує продуктивність агрегатів, підвищує собівартість робіт та призводить до погіршення якісних показників обробітку ґрунту, як наслідок необхідно вчасно і якісно проводити загострення їх крайки. А для цього необхідно визначити оптимальний наробіток між технічними обслуговуваннями культиваторних лап.

1.3 Аналіз критеріїв для визначення наробітку на відмову і проведення технічного обслуговування культиваторних лап

Основними вимогами до роботи лап культиваторів (Додаток А.1) є забезпечення якісного підрізання коренів бур'янів та рівномірність глибини обробітку.

Дотримуватися встановлених агротехнічних вимог можливо у тому

випадку, коли спрацювання різальної крайки лез лап не перевищує граничних значень, тобто коли ступінь спрацювання суттєво не впливає на якісні показники обробітку ґрунту [11]. При цьому додаткові витрати енергії при роботі спрацьованими робочими органами повинні бути мінімальними.

Польові дослідження показали, що спрацювання крайки леза лапи призводить до зменшення середньої глибини обробітку відносно поверхні ґрунтового шару, а також до зниження рівномірності глибини ходу робочого органу. Погіршення зазначених показників, внаслідок спрацювання, відбувається поступово й нерівномірно. Відмічається, що при досягненні радіуса крайки леза 0,6-0,7 мм., якість обробітку різко погіршується, а при 0,8 мм., середня глибина ходу лапи не відповідає встановленим агротехнічним вимогам [11].

Встановлено, що якість підрізання бур'янів залежить не лише від гостроти крайки леза лапи, а й від періоду вегетації бур'янів, швидкості руху агрегату, глибини обробітку, типу лап та ґрунтових умов.

Для забезпечення якісної роботи швидкість руху агрегату має бути не менше 2 м/с, а радіус лез лап – не більше 0,5 міліметри.

Дослідники стверджують, що для підвищення ефективності процесу різання необхідно приймати граничне значення радіуса крайки леза 0,35 міліметри.

Таким чином, основним критерієм у визначенні наробітку на відмову і заміну робочих органів є якість виконання польових робіт у відповідності до існуючих агротехнічних вимог.

Таким чином, проведений аналіз вказує, що обґрунтування граничних значень спрацювання крайки леза лапи культиватора є багатокритеріальна задача, пов'язана з оптимізацією якості та енергетичних витрат на проведення польових робіт. Її вирішення для конкретних робочих органів, машинно-тракторних агрегатів і умов експлуатації потребує проведення додаткових досліджень.

1.4. Висновки за розділом 1

Проаналізувавши достатній обсяг джерел інформації ми прийшли до висновку:

- процес спрацювання крайки леза лапи культиватора надто складний унаслідок мінливості умов і абразивних властивостей різних типів ґрунтів;

- для забезпечення високої зносостійкості крайки леза культиваторної лапи необхідно використовувати такі матеріали й покриття, основна структура яких по твердості дорівнює або перевищує твердість абразиву ґрунту;

- результати досліджень свідчать, що при збільшенні глибини обробітку ґрунту, за умови ущільнених нижніх шарів, інтенсивність спрацювання також збільшується внаслідок підвищення питомого навантаження;

- збільшення радіуса крайки леза й кута загострення, призводить до зменшення кількості подрізаних бур'янів і встановленої глибини обробітку, підвищення нерівномірності глибини обробітку та збільшення тягового опору агрегату;

- швидке затуплення лез лап значно зменшує продуктивність агрегатів, підвищує собівартість робіт та призводить до погіршення якісних показників обробітку ґрунту;

- Виникає необхідність провести додаткові дослідження для обґрунтування оптимального періоду експлуатації між проведеннями чергових технічних обслуговувань та визначити техніко-економічну ефективність впровадження результатів досліджень.

2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Планування експериментальних досліджень

З метою скорочення кількості дослідів проводиться багатофакторний експеримент з відповідним математичним плануванням. Використання даного методу дозволяє за визначеними схемами (планам) побудувати математичну модель процесу, розрахувати на ПК можливі варіанти та знайти оптимальні параметри процесу, оцінити адекватність моделі щодо основних закономірностей впливу факторів.

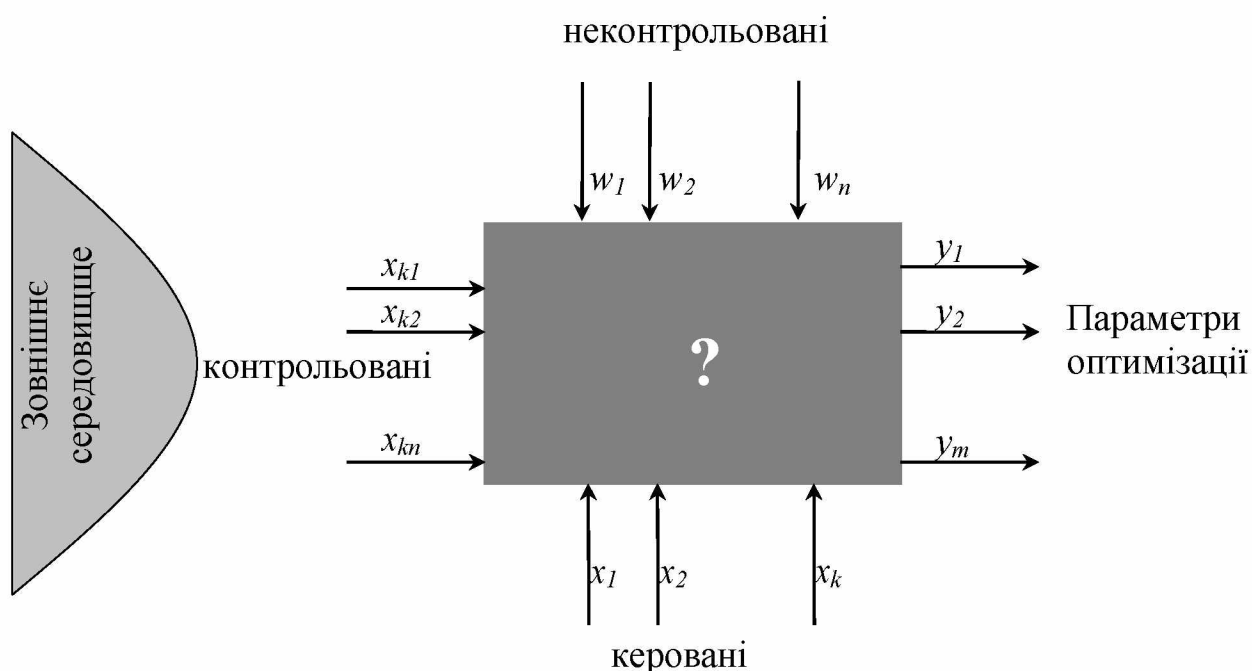


Рисунок 2.1. – Схема впливу різних факторів на ґрунтообробний робочий орган

Вплив зовнішнього середовища включає властивості ґрунту з його некерованими, але контрольованими факторами такими як вологість, твердість, щільність ($x_{k1}, x_{k2} \dots x_{kn}$) (рис. 2.1). Друга група факторів є неконтрольованою, переважно випадкового характеру. Це перешкоди, затори, неоднорідності ґрунту ($w_1, w_2, \dots w_n$) [12]. Вплив їх супроводжується поштовхами, вібрацією та інше. Знак питання в даній системі – дія

контрольованих керованих факторів (ступінь спрацювання крайки леза лап та швидкість руху агрегату) на параметри оптимізації (середня глибина та рівномірність ходу, підрізання бур'янів та тяговий опір) не відома. Оптимізація процесу проводиться у два етапи: на першому будується математична модель, на другому виконується пошук оптимальних умов проходження процесу. Таким чином, задача експерименту полягає у тому, щоб знайти такий набір значень факторів, при яких головні параметри досягають екстремуму або найкраще відповідають вимогам до заданого показника.

Багатофакторні дослідження проводяться згідно ортогонального центрального композиційного плану (ОЦКП) другого порядку [13]. Загальна кількість точок плану визначається за формулою:

$$N_n = 2^{k_n} + 2k_n + n_0, \quad (2.1)$$

де 2^{k_n} – кількість дослідів у ядрі плану;

$2k_n$ – кількість дослідів на «зіркових» точках;

n_0 – кількість дослідів на центральних точках (табл. 2.1) [13];

k_n – кількість факторів.

Таблиця 2.1. – План-матриця експерименту ОЦКП експерименту при $k_n=2$

№ дослідів	X_0	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	$X_1 X_2$	Примітка
1	1	+1	+1	-1	1	1	Ядро плану
2	1	-1	+1	-1	-1	-1	
3	1	+1	-1	-1	-1	1	
4	1	-1	-1	-1	1	-1	
5	1	+1	-1	1	1	-1	«Зіркові» точки
6	1	-1	-1	1	-1	1	
7	1	0	1	1	-1	-1	
8	1	0	1	1	1	1	Центральна точка
9	1	0	0	0	0	0	

Фактори варіюють на трьох рівнях, які складають арифметичну

прогресію. Так як на кількість центральних точок n_0 в ОЦКП будь-яких обмежень не накладається, то приймається $n_0 = 1$ [13]. Кількість дослідів відповідно до рівняння (2.1) при $k_n=2$ дорівнює $N=2^2+2\cdot 2+1=9$. План матриці наведено в таблиці 2.1. Оптимізацію процесу проводять у два етапи: побудова математичної моделі та знаходження оптимальних умов ведення процесу.

За даними таблиці 2.1 алгебраїчна сума елементів вектора-стовпця кожного фактору дорівнює нулю, тобто:

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} = 0, \quad (2.2)$$

де j – номер фактору.

При цьому також сума почлених добутоків будь-яких векторів-стовпців дорівнює нулю, тобто:

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} \cdot X_{ui} = 0, \quad (2.3)$$

де $j \neq u$; $j, u = 0, 1, 2 \dots k$.

Таким чином, план експерименту має властивості ортогональності і відповідає вимогам постановки факторного експерименту. Математична модель має вигляд повного квадратного рівняння [13]:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_i x_i^2. \quad (2.4)$$

Коефіцієнти регресії моделі розраховуються методом найменших квадратів за формулами:

$$b_0 = -\frac{1}{9} \sum_{u=1}^4 y_u + \frac{2}{9} \sum_{u=5}^8 y_u + \frac{5}{9} y_9, \quad (2.5)$$

$$b_i = \frac{1}{6} \sum_{u=1}^8 x_{iu} y_u, \quad i = 1, 2, \quad (2.6)$$

$$b_{ii} = \frac{1}{6} \sum_{u=1}^4 y_u + \frac{1}{2} \sum_{u=5}^8 x_{iu}^2 y_u - \frac{1}{3} \sum_{u=5}^9 y_u, \quad i = 1, 2, \quad (2.7)$$

$$b_{12} = \frac{1}{4} \sum_{u=1}^4 x_{1u} x_{2u} y_u. \quad (2.8)$$

Для переходу від кодованих до натуральних перемінних застосовується формула:

$$\tilde{X}_i = x_i \lambda_i + \tilde{X}_{i0}, \quad (2.9)$$

де \tilde{X}_i – дійсне значення фактора на нижньому або верхньому рівнях;

\tilde{X}_{i0} – основний рівень фактора;

x_i – відповідне кодоване значення фактора (-1 або +1);

λ_i – інтервал варіювання.

Для перевірки адекватності одержаних рівнянь проводили дисперсійний аналіз. Дисперсії визначають шляхом ділення суми квадратів на відповідне число ступенів свободи N , дисперсні відношення – поділом дисперсій на дисперсію функції $s^2\{\bar{y}\}$. Дисперсійні відношення порівнюються із табличними $F_\alpha(f_1, f_2)$, де α – рівень значимості, f_1 та f_2 – число ступенів свободи для розглянутої групи коефіцієнтів.

Дисперсії функції дорівнює:

$$s^2\{\bar{y}\}[f_2 = N(\chi - 1)], \quad (2.10)$$

де χ – кратність повторення дослідів.

Також виконується умова:

$$F = \frac{S_{LF}}{f_{LF}} \div s^2\{\bar{y}\} \leq F_\alpha(f_{LF}; f_2), \quad (2.11)$$

де S_{LF} – залишкова сума квадратів.

Якщо $f_{LF} = N - \frac{(k+1)(k+2)}{2}$, то модель 2-го порядку вважається адекватною, якщо навпаки – неадекватною. Адекватність моделі перевіряється за критерієм Фішера F_α . Розрахунки виконуються на ПК за допомогою пакету Statistica 7.0.

2.2. Методика визначення характеристик стану та умов проведення досліджень

Умови проведення експериментальних досліджень включають у себе стан ґрунту (вологість, щільність, твердість).

Характеристику ділянки для проведення експерименту оцінюється рельєфом та типом ґрунту.

Для досліджень вибирається горизонтальна ділянка поля з рівним рельєфом. Відхилення ділянки від горизонту не повинно перевищувати 1%. Із карти ґрунтів господарства беруться дані про його тип.

Вологість і твердість ґрунту визначається до і після проведення експериментів, відповідно до стандартної методики [14, 15].

Проби ґрунту на вологість відбираються за допомогою бура на глибині від 5 до 15 см у п'ятих точках, рівномірно розміщених по діагоналі дослідної ділянки. Вологість ґрунту встановлюється ваговим методом. Для цього відібрані проби ґрунту засипаються в бюкси. Бюкси з вологим ґрунтом зважуються, а потім висушуються у сушильній шафі при температурі 105°C до сталої маси. Абсолютна вологість ґрунту підраховується за формулою [14, 15]:

$$W = \frac{M_B - M_C}{M_C - M_B}, \quad (2.12)$$

де W – абсолютна вологість ґрунту, %;

M_B – маса бюкси з вологим ґрунтом, г;

M_C – маса бюкси з сухим ґрунтом, г;

M_B – маса самої бюкси, г.

Щільність ґрунту знаходиться згідно формули [14]:

$$\rho = \frac{(M_{CB} - M_C)}{V(100 + W)} \cdot 100, \quad (2.13)$$

де M_{CB} – маса стакану з вологим ґрунтом, г;

M_C – маса самого стакану, г;

V – об'єм стакану, см^3 ;

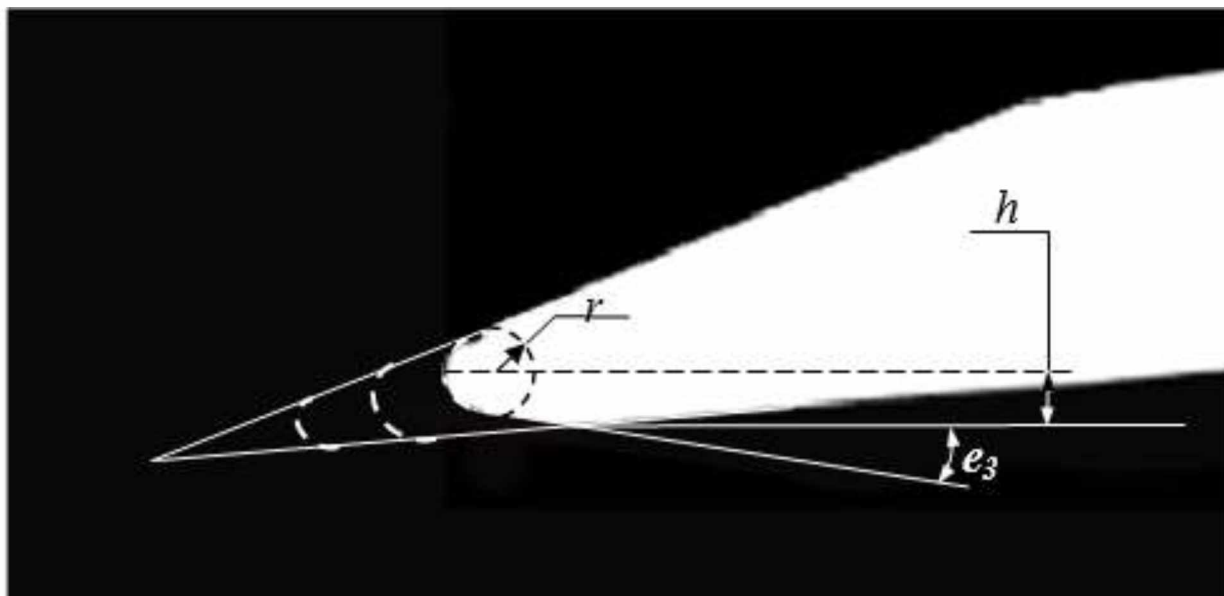
W – абсолютна вологість ґрунту, %.

Твердість ґрунту визначається методом вдавлювання каліброваного штампа статичною дією, за допомогою твердоміра конструкції Ревякіна Ю.Ю. згідно стандартної методики [15].

2.3. Методика дослідження характеру та величини спрацювання крайки леза культиваторної лапи у залежності від наробітку

За показник ступеня спрацювання крайки леза лапи приймається зміна геометричних параметрів. Кількісно вона виражається радіусом крайки леза r та висотою затильної фаски h (рис. 2.2).

Умови проведення експериментальних досліджень визначаються відповідно до описаної методики (п. 2.2.), при цьому використовуються такі прилади і обладнання як: твердомір Ревякіна Ю.Ю., обладнання для визначення вологості ґрунту (металеві стаканчики, шафу для сушіння, електронні ваги), рулетка довжиною 50 метрів.



r - радіус вписаного кола у профіль кромки леза лапи; h - висота затильної фаски; ε_3 - кут нахилу затильної фаски

Рисунок 2.2. – Профіль лапи з характерним спрацюванням та параметри, за якими оцінюється ступінь спрацювання

Для проведення досліджень використовуються три агрегати, кожний з яких складається з трактора МТЗ-80 та культиватора КПС-4. Агрегати комплектуються окремим набором універсальних стрілчастих лап шириною захвата 0,3 м. Дослідження проводиться при швидкості 8 км/год.

Кожний із культиваторів встановлюється на однакову глибину обробітку (0,10 м). Наробіток відповідно першого, другого та третього агрегатів складають 5, 25 і 45 га. Після досягнення встановленого наробітку лапи знімаються для проведення вимірювань.

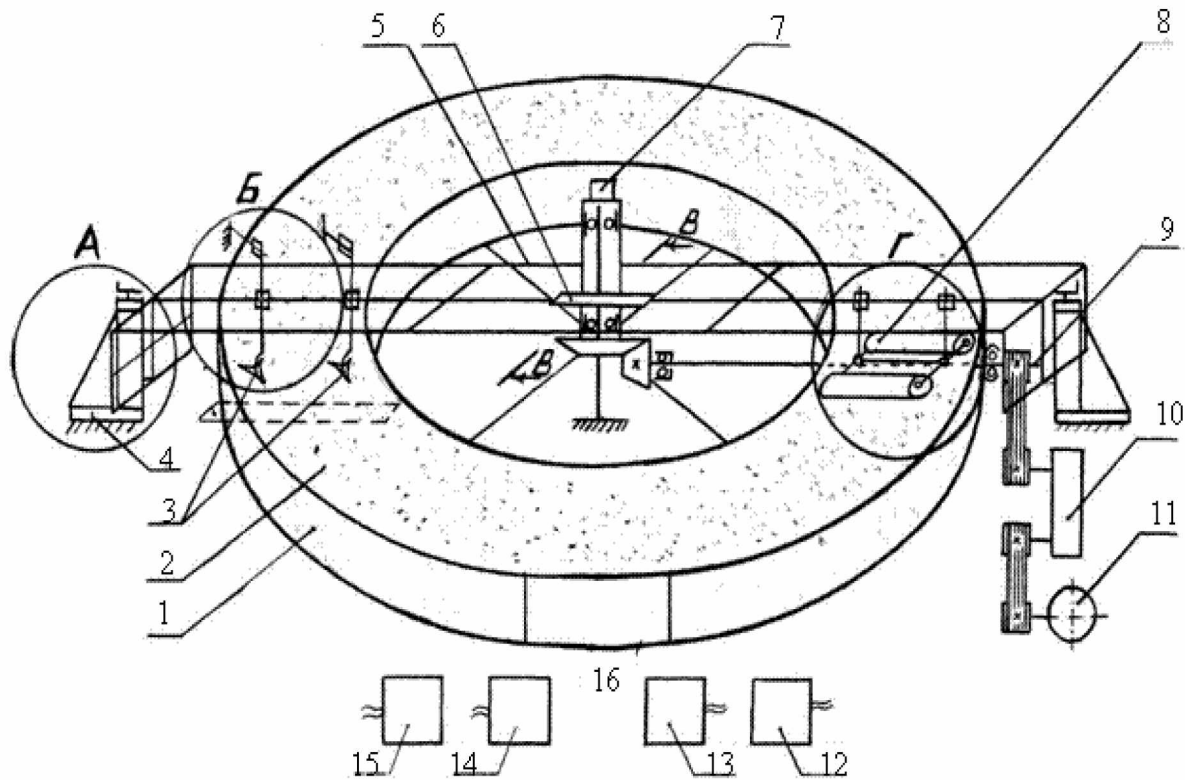
Для визначення величин та характеру спрацювання крайки леза лапи використовували технологію отримання зліпків. З усіх лап, які відпрацювали свої зазначені наробітки, знімаються пластилінові відтиски. Вони у подальшому розрізаються у площині, перпендикулярній утворюючої крайки леза.

Кожний зразок профілю відтиску сканується зі збільшенням ($\times 10$) для підвищення точності визначення параметрів спрацювання (див рис. 2.2). Відтиски комплектів лап знімаються через кожні 5, 25, і 45 гектарів наробітку, після чого проводиться статистична обробка отриманих даних.

Ступінь спрацювання оцінюється радіусом вписаного кола r у крайку леза лапи, висотою затильної фаски h та кутом нахилу затильної фаски e_3 .

2.4. Методика визначення залежності тягового опору від ступеня спрацювання крайки леза лапи

Для дослідження впливу ступеня спрацювання крайки леза лапи на опір її переміщення у ґрунті використовувалася установка по моделюванню руху робочих органів ґрунтообробних машин за допомогою якої визначається горизонтальна складова опору. Схема, загальний вигляд, та окремі конструктивні елементи установки подано відповідно на рисунках 2.3, 2.4, [16].



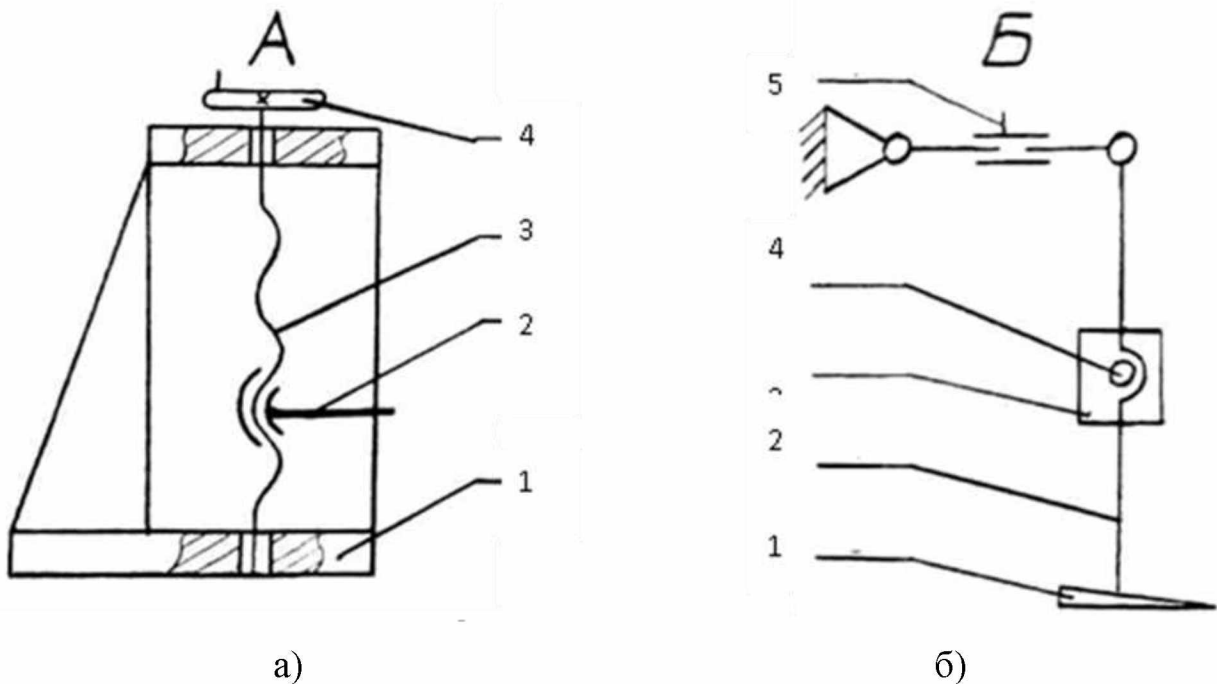
1 – канал; 2 – ґрунт; 3 – культиваторна лапа; 4 – боковий стояк; 5 – опорна рама; 6 – датчик рівня горизонтальний; 7 – датчик фіксування швидкості обертання каналу; 8 – ущільнювальний коток; 9 – датчик рівня вертикальний; 10 – механічний варіатор; 11 – мотор-редуктор; 12 і 13 – вимірювальна апаратура, 14 – монітор; 15 – монітор М – 2; 16 – стінка прозора.

Рисунок 2.3. – Схема установки для моделювання руху робочих органів ґрунтообробних машин

Установка виконана у вигляді зрізаного циліндра (з прямокутним перетином лотка) з внутрішнім діаметром – 2,6м., зовнішнім діаметром – 3,6м., та висотою бокових стінок – 0,5м., Лоток шириною 0,5м заповнюється ґрунтом (далі ґрунтовий канал). Ґрунтовий канал обертається навколо вертикальної вісі. Ґрунтовий канал отримує обертовий рух від валу, якому через механічний варіатор передається обертовий рух від мотор-редуктора МПЗ2-40 ГОСТ 21356-75. Механічний варіатор, дозволяє безступенево

змінювати швидкість обертання ґрунтового каналу в діапазоні від 0,01 до 333 м/хв. В установці культиваторні лапи, та вимірювальна апаратура закріплюються нерухомо. Культиваторна лапа на спеціальній опорній рамі, а вимірювальна апаратура на горизонтальній платформі. Глибина ходу змінюється механізмами лівого та правого бокових стояків. Кінематична схема цього механізму зображена на (рис. 2.4). За допомогою рухомої гайки глибина ходу робочого органу може регулюватися від 0 до 50 сантиметрів.

На (рис. 2.5) зображена кінематична схема кріплення культиваторної лапи. Стояк за допомогою каретки (рис. 2.5) може переміщуватися в радіальному напрямку по тримачу. На тримачу можна розмістити декілька культиваторних лап. Установка оснащена тензодатчиком ПБ-200.



а) 1 – боковий стояк; 2 – рухома гайка; 3 – гвинт; 4 – рукоятка;

б) 1 – культиваторна лапа; 2 – стійка; 3 – каретка; 4 – тримач;
5 – тензодатчик ПБ-200.

Рисунок 2.4. – Кінематична схема бокового стояка (а) та кінематична схема кріплення культиваторної лапи, вид збоку

Установка по моделюванню руху робочих органів ґрунтообробних машин, працює наступним чином. Канал, який заповнений ґрунтом (перед

проведенням кожного досліду ґрунт ретельно готується до початкових умов), обертається навколо вертикальної вісі, культиваторні лапи та вимірювальна апаратура, залишаються нерухомими. Під час роботи установки за допомогою механічного варіатора, регулюємо швидкість обертання каналу відповідно 6, 8 і 10 км/год., а також виконується регулювання зусилля з яким опорні котки ущільнюють ґрунт. Показники датчика швидкості обертання каналу та тензодатчика ПБ-200., відображаються на вимірювальній апаратурі. В процесі проведення досліджень, записуємо експериментальні залежності тягового опору від встановленої глибини обробітку, та відповідної швидкості руху.

Дослідження проводимо з трьома комплектами культиваторних лап, які мають різний ступінь спрацювання, які використовували у попередніх експериментах (п. 2.3). Зусилля визначаємо за допомогою тягового динамометра ДПУ-5.

Дослідження проводимо на швидкостях – 6, 8 і 10 км/год. До і після досліджень всі прилади, що використовуються в експерименті проходять тарування.

Математична обробка результатів вимірювань виконується на ПЕОМ за допомогою пакету EXSEL методами описової статистики та дисперсійного аналізу. При цьому визначаємо середнє значення показника на кожному режимі роботи, дисперсія, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, помилка середнього та точність проведення досліду.

2.5. Висновки за розділом 2

В розділі представлено план експериментальних досліджень, обрано методику визначення характеристик стану та умов проведення досліджень, розроблено методику дослідження характеру та величини спрацювання крайки леза культиваторної лапи у залежності від наробітку.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Результати визначення оптимального наробітку стрілочастих лап культиваторів між технічними обслуговуваннями

Взаємодія леза лапи культиватора з ґрунтом і коренями бур'янів приводить до його спрацювання й затуплення різальної крайки. Аналіз матеріалів досліджень вказують, що товщина різальної крайки збільшується від наробітку, який може бути виражений довжиною пройденого шляху L .

Як відомо, збільшення радіуса різальної крайки призводить до зростання тягового опору переміщенню леза в ґрунті. Тому, при збільшенні наробітку між технічними обслуговуваннями збільшуються витрати енергії на виконання технологічної операції.

Якщо прийняти, що вартість загострення крайки леза лапи істотно не залежить від ступеня спрацювання (у допустимих межах), то при збільшенні наробітку витрати на відновлення, віднесені до одиниці пройденого шляху (площі наробітку), будуть зменшуватись. Тому слід очікувати, що існує наробіток, при якому сумарні експлуатаційні витрати й витрати на відновлення лап будуть мінімальними. Такий наробіток між технічними обслуговуваннями буде оптимальним.

Можна попередньо прийняти, що питомий опір лап у залежності від наробітку L на різних швидкостях V руху агрегату описується поліномом другого порядку:

$$k = b_0 + b_1V + b_2L + b_3V^2 + b_4LV + b_5L^2, \text{ кН/м.} \quad (3.1)$$

Затрати енергії на пройдену шляху L визначаються добутком:

$$E = kBL; \quad (3.2)$$

де B – робоча ширина захвату культиватора, м.

Оскільки величина питомого опору k залежить від пройденого робочим органом шляху L (через зростання величини спрацювання крайки лез), то

науковий інтерес представляє визначення впливу наробітку на питомі затрати енергії. Схема для визначення затрат енергії представлена на рис. 3.1.

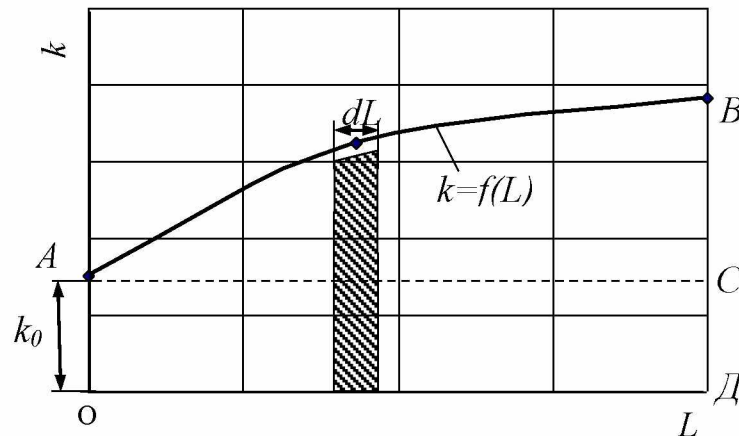


Рисунок 3.1. – Схема до визначення затрат енергії, коли питомий опір k залежить від пройденого шляху L .

Розглянемо елементарний приріст енергії ΔE на елементарному шляху ΔL в обмеженні, на підставі формули 3.2 можна записати:

$$\Delta E = k(L) \cdot B \cdot \Delta L.$$

Переходячи до обмеження, маємо:

$$\lim_{\Delta L \rightarrow 0} \frac{\Delta E}{\Delta L} = k(L) \cdot B \quad \text{або} \quad \frac{dE}{dL} = k(L) \cdot B,$$

звідки отримаємо:
$$E = B \int_{L=0}^{L=L} k(L) \cdot dL.$$

Підставивши значення $k(L)$ з виразу 3.2 отримаємо:

$$E = B \int_0^L (b_0 + b_1 V + b_2 L + b_3 V^2 + b_4 L V + b_5 L^2) dL,$$

а після інтегрування отримаємо:

$$E = B(b_0 L + b_1 V L + \frac{1}{2} b_2 L^2 + b_3 V^2 L + \frac{1}{2} b_4 V L^2 + \frac{1}{3} b_5 L^3). \quad (3.3)$$

Частина енергії, при якій питомий опір не залежить від L складас:

$$E' = k_0 B L, \quad (3.4)$$

де k_0 виходячи з (3.1) при $L=0$, дорівнює:

$$k_0 = b_0 + b_1V + b_3V^2, \quad (3.5)$$

тоді

$$E' = B(b_0L + b_1VL + b_3V^2L). \quad (3.6)$$

Додаткова енергія, що обумовлена спрацюванням робочих органів, дорівнює:

$$\Delta E = E - E'.$$

Після підстановок маємо

$$\Delta E = BL\left(\frac{1}{2}b_2L + \frac{1}{2}b_4VL + \frac{1}{3}b_5L^2\right). \quad (3.7)$$

Питома додаткова енергія, віднесена до 1 м² обробленої площі, визначиться, як:

$$\Delta E' = \frac{\Delta E}{BL} = \frac{1}{2}(b_2 + b_4V)L + \frac{1}{3}b_5L^2, \text{ кН}\cdot\text{м/м}^2;$$

а після відповідного перетворення та віднесення до 1 га, запишемо:

$$\Delta E_{ca} = 10 \left[\frac{1}{2}(b_2 + b_4V)L + \frac{1}{3}b_5L^2 \right], \text{ МДж/га}. \quad (3.8)$$

Отримане рівняння можна привести до витрати палива двигунів тягового засобу. У технічних характеристиках двигунів витрати палива приведена до 1 кВт год. Оскільки МДж=0,277 кВт год, рівняння (3.8) можна переписати у такому вигляді:

$$\Delta E_{ca} = 2,77 \left[\frac{1}{2}(b_2 + b_4V)L + \frac{1}{3}b_5L^2 \right], \text{ кВт}\cdot\text{год/га}. \quad (3.9)$$

Вартість додатково витраченої енергії C_e може бути визначена добутком:

$$C_e = \frac{\Delta E_{ca}}{\eta_T} q \cdot \Pi_n, \text{ грн/га} \quad (3.10)$$

де q – питомі витрати палива, кг/кВт·год;

η_T – коефіцієнт корисної дії трактора;

Π_n – ціна паливо-мастильних матеріалів, грн/кг.

Після підстановки в (3.9) значення ΔE_{za} з (3.10) отримаємо:

$$C_e = \frac{1.385}{\eta_T} \cdot q \cdot \Pi_n \cdot (b_2 + b_4 V) L + q \cdot \Pi_n \cdot \frac{0.923}{\eta_T} b_5 q \cdot \Pi_n L^2, \text{ грн/га} \quad (3.11)$$

$$\text{або} \quad C_e = A_1 L + A_2 L^2 \text{ грн/га;} \quad (3.12)$$

$$\text{де } A_1 = \frac{1.385}{\eta_T} \cdot q \cdot \Pi_n \cdot (b_2 + b_4 V); \quad A_2 = q \cdot \Pi_n \cdot \frac{2.77}{\eta_T} \cdot b_5.$$

Таким чином, отримано залежність вартості додатково витраченої енергії на подолання опору, обумовленого затупленням крайки леза лапи культиваторів.

3.2. Результати визначення витрат коштів на відновлення крайки леза культиваторної лапи

Вартість одного відновлення комплекту лап можна визначити, як суму вартості заміни комплекту лап та відновлення. Вартість заміни складається із заробітної плати механізатора та вартості втраченого змінного часу при заміні комплекту лап. Усі ці складові пропорційні кількості лап, тобто ширині захвату. Ця сума визначається рівнянням:

$$C'_e = B_p (C_3 t_3 + C_n t_3 + C_p), \quad (3.13)$$

де C_3 – заробітна плата механізатора за годину зміни, грн/год;

C_n – вартість години простою агрегату, грн/год;

C_p – вартість ремонту комплекту лап із розрахунку на метр ширини захвату, грн;

t_3 – час заміни одного комплекту лап із розрахунку на метр ширини захвату, грн.

Витрати коштів на гектар обробленої площі поля дорівнюють:

$$C_e = \frac{B_p (C_3 t_3 + C_n t_3 + C_p)}{10^3 \cdot 10^{-4} B_p L} = \frac{10(C_3 t_3 + C_n t_3 + C_p)}{L}$$

або
$$C_e = \frac{10C_{e.k.}}{L}; \quad (3.14)$$

де $C_{e.k.} = C_3t_3 + C_n t_3 + C_p$ – вартість відновлення комплексу лап із розрахунку на метр ширини захвату.

3.3. Результати визначення оптимального наробітку культиваторних лап між технічними обслуговуваннями

Витрати коштів на додаткові енерговитрати внаслідок спрацювання та на відновлення лап визначається сумою

$$C = C_e + C_e.$$

або зробивши підстановки з рівнянь 3.27 і 3.30 отримаємо:

$$C = A_1L + A_2L^2 + \frac{A_3}{L}, \quad (3.15)$$

де $A_3 = 10 \cdot C_e$.

Для визначення оптимального пройденого шляху L робочими органами до відновлення, при якому затрати на додаткові витрати енергії та відновлення будуть мінімальними застосовано класичний метод диференціювання функції 3.15. Прирівняємо до нуля першу похідну правої частини рівняння (3.15):

$$\frac{dC}{dL} = A_1 + 2A_2L - \frac{A_3}{L^2};$$

після перетворення маємо:

$$2A_2L^3 + A_1L^2 - A_3 = 0 \text{ або } L^3 + \frac{A_1}{2A_2}L^2 - \frac{A_3}{2A_2} = 0.$$

Позначимо $\frac{A_1}{2A_2} = b$; $-\frac{A_3}{2A_2} = c$; тоді $L^3 + bL^2 + c = 0$.

Приведемо рівняння до канонічного виду:

$$L = y - \frac{b}{3};$$

$$\left(y - \frac{b}{3}\right)^3 + b\left(y - \frac{b}{3}\right)^2 + c = 0;$$

$$y^3 - 3y^2 \frac{b}{3} + 3y \left[\frac{b}{3}\right]^2 - \frac{b^3}{3^3} + b \left[y^2 - 2y \frac{b}{3} + \frac{b^2}{3^2} \right] + c = 0;$$

$$y^3 - y^2 b + \frac{b^2 y}{3} - \frac{b^3}{3^3} + b y^2 - 2y \frac{b^2}{3} + \frac{b^3}{3^2} + c = 0;$$

$$y^3 - \frac{b^2 y}{3} + \frac{2b^2}{3^3} + c = 0.$$

Для спрощення введемо наступні заміни: $p = -\frac{b^2}{3}$ та $q = \frac{2b^3}{3^3} + c$;

матимемо рівняння:

$$y^3 + py + q = 0;$$

$$y = u + v;$$

$$u^3 + 3u^2 v + 3uv^2 + v^3 + p(u + v) + q = 0;$$

$$u^3 + v^3 + (u + v)(3uv + p) + q = 0;$$

$$\begin{cases} 3uv + p = 0 \\ u^3 + v^3 + q = 0 \end{cases};$$

тобто

$$\begin{cases} u^3 + v^3 = -q \\ u^3 \cdot v^3 = -\frac{p^3}{27} \end{cases};$$

де u^3 та v^3 - розв'язки рівняння;

$$\xi^2 + q\xi - \frac{p^3}{27} = 0;$$

$$\Rightarrow u^3 = -\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}};$$

$$v^3 = -\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}};$$

$$\Rightarrow y = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}}$$

розпишемо три випадки коренів:

$$\text{I. } \frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} > 0, \text{ один корінь дійсний і два уявних};$$

- II. $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} = 0$, два корені рівні при чому всі три дійсні;
 III. $\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27} < 0$, три корені дійсні.

Підставивши значення q та p в рівняння, матимемо:

$$L + \frac{b}{3} = \sqrt[3]{-\frac{1}{2} \left[\frac{2b^3}{27} + c \right] + \sqrt{\left[\frac{2b^3}{27} + c \right]^2 \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{27} \left[-\frac{b^2}{3} \right]^3}} + \\ + \sqrt[3]{-\frac{1}{2} \left[\frac{2b^3}{27} + c \right] - \sqrt{\left[\frac{2b^3}{27} + c \right]^2 \cdot \frac{1}{4} + \frac{1}{27} \left[-\frac{b^2}{3} \right]^3}} ;$$

враховуючи що

$$p = -\frac{b^2}{3} \equiv -\frac{1}{3} \left[\frac{A_1}{2A_2} \right]^2 = -\frac{1}{3} \cdot \frac{A_1^2}{4A_2^2} = -\frac{A_1^2}{12A_2^2} ; \\ q = \frac{2b^3}{27} + c = \frac{2}{27} \left[\frac{A_1}{2A_2} \right]^3 - \frac{A_3}{2A_2} = \frac{A_1^3}{108A_2^3} - \frac{A_3}{2A_2} = \frac{A_1^3 - 54A_2^2A_3}{108A_2^3} ;$$

оптимальне значення наробітку до заміни або відновлення лап культиваторів з урахуванням критерію мінімальних витрат на експлуатацію та ремонтні роботи дорівнює:

$$L_{opt} = -\frac{A_1}{3A_2} + \sqrt[3]{-\frac{A_1^3 - 54A_2^2A_3}{216A_2^3} + \sqrt{\frac{1}{4} \left[\frac{A_1^3 - 54A_2^2A_3}{108A_2^3} \right]^2 - \frac{1}{27} \cdot \frac{1}{12^3} \left[\frac{A_1^2}{A_2^2} \right]^3}} + \\ + \sqrt[3]{-\frac{A_1^3 - 54A_2^2A_3}{216A_2^3} - \sqrt{\frac{1}{4} \left[\frac{A_1^3 - 54A_2^2A_3}{108A_2^3} \right]^2 - \frac{1}{27} \cdot \frac{1}{12^3} \left[\frac{A_1^2}{A_2^2} \right]^3}} ; \quad (3.16)$$

3.4. Результати лабораторних досліджень впливу ступеня спрацювання крайки леза лапи на тяговий опір

Умови проведення лабораторних експериментальних досліджень характеризувалися наступними показниками: стан ґрунту, на якому проводили дослідження, ґрунтові умови (вологість, щільність, твердість), значення яких наведено у таблиці 3.1. Результати статистичної обробки

даних досліджень наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1. – Характеристика стану ґрунту в ґрунтовому каналі

Назва показника		Значення показника	
Тип ґрунту		Суглинний чорнозем	
Структура ґрунту		Дрібна грудкувата	
Глибина обробітку, м		0,1	
Вологість ґрунту у трьох горизонтах ґрунтового шару W , %:	0 - 5 см	23,4	
	5 - 10 см	25,3	
	10 - 15 см	26,8	
Твердість ґрунту у трьох горизонтах ґрунтового шару ρ , МПа:	0 - 5 см	0,73	
	5 - 10 см	1,48	
	10 - 15 см	1,87	
Щільність ґрунту у трьох горизонтах ґрунтового шару c_2 , г/см ³ :	0 - 5 см	0,98	
	5 - 10 см	1,22	
	10 - 15 см	1,38	

Таблиця 3.2. – Статистичні показники горизонтальної складової опору

№ досліду	Значення факторів				Значення параметрів		
	Швидкість V , км/год		Радіус затупленої крайки леза r , мм		Питомий опір, кН/м k	Середнє квадрат. відхилення ε	Коефіц. варіації, % ν
	код	натуральне значення	код	натуральне значення			
1	-1	6	-1	0,1	1,543	0,14	9,09
2	-1	6	0	0,3	1,673	0,33	19,73
3	-1	6	+1	0,5	1,728	0,11	6,41
4	0	8	-1	0,1	2,13	0,2	9,42
5	0	8	0	0,3	2,28	0,13	5,71
6	0	8	+1	0,5	2,386	0,27	11,3
7	+1	10	-1	0,1	3,131	0,22	7,03
8	+1	10	0	0,3	3,416	0,17	5,02
9	+1	10	+1	0,5	3,506	0,19	5,41

Найбільш адекватно закономірність збільшення питомого опору від радіуса крайки леза описується поліном другого порядку (Додаток Б.1):

$$k_r = 2,604 + 0,974V + 0,156r + 0,982V^2 + 0,487V \cdot r + 0,146r^2, \quad (3.17)$$

Для економічних розрахунків доцільно користуватися залежністю питомого опору від пройденої відстані культиваторної лапи у кілометрах.

Оскільки кожному значенню радіуса крайки леза відповідає певний наробіток, математичні моделі будуть аналогічними, але з іншими коефіцієнтами. Після заміни значень радіуса крайки леза відповідними відстанями проходу культиваторної лапи, результати досліджень матимуть такий вигляд (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. – Статистичні показники горизонтальної складової опору

№ досл.	Значення факторів				Значення параметрів		
	Швидкість V , км/год		Відстань L пройдена однією лапою, км		Питомий опір, кН/м	Середнє квадрат. відхилен- ня	Коеф. варіа- ції, %
	код	натуральне значення	код	натуральне значення			
1	-1	6	-1	12,5	1,543	0,14	9,09
2	-1	6	0	62,5	1,673	0,33	16,18
3	-1	6	+1	112,5	1,728	0,11	3,51
4	0	8	-1	12,5	2,13	0,2	4,53
5	0	8	0	62,5	2,28	0,13	6,10
6	0	8	+1	112,5	2,386	0,27	8,71
7	+1	10	-1	12,5	3,131	0,22	11,76
8	+1	10	0	62,5	3,416	0,17	4,37
9	+1	10	+1	112,5	3,506	0,19	7,063

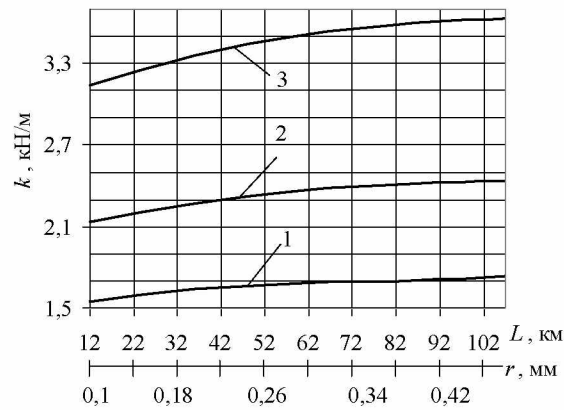
Нижче наведено математичну залежність питомого опору від пройденого шляху L у вигляді багатомірного поліному другого порядку (Додаток Б.2):

$$k_L = 2,628 - 0,541V + 0,00154L + 0,0585V^2 + 0,0005V \cdot L - 0,000021L^2 \quad (3.18)$$

Після виключення несуттєвих величин рівняння регресії запишеться у такому вигляді:

$$k_L = 2,692 - 0,547V + 0,0585V^2 + 0,00061V \cdot L - 0,000017L^2 \quad (3.19)$$

Із результатів проведених досліджень видно, що при збільшенні наробітку та швидкості переміщення агрегату питомий опір зростає (рис. 3.2 і 3.3).



1, 2 і 3 - відповідно $V=6, 8$ і 10 км/год

Рисунок 3.2. – Графік залежності питомого опору k культиваторних лап від пройденого шляху L (радіуса леза r) та швидкості переміщення V лап. Слід відмітити, що інтенсивність зростання опору із збільшенням радіуса крайки леза r (пройденого шляху L) при швидкостях руху у межах 6-10 км/год істотно не залежить від швидкості переміщення лап. При збільшенні радіуса спрацьованої крайки леза від 0,1 до 0,5 мм в діапазоні швидкостей 6-10 км/год, питомий опір зростає в межах від 11,98 до 12,02 %. Але абсолютні величини приросту питомого опору із збільшенням спрацювання різняться істотно. Як видно з рисунку 3.2, приріст питомого опору k культиваторних лап становить 0,185; 0,256 та 0,375 кН/м відповідно для швидкостей руху 6, 8 і 10 км/год.

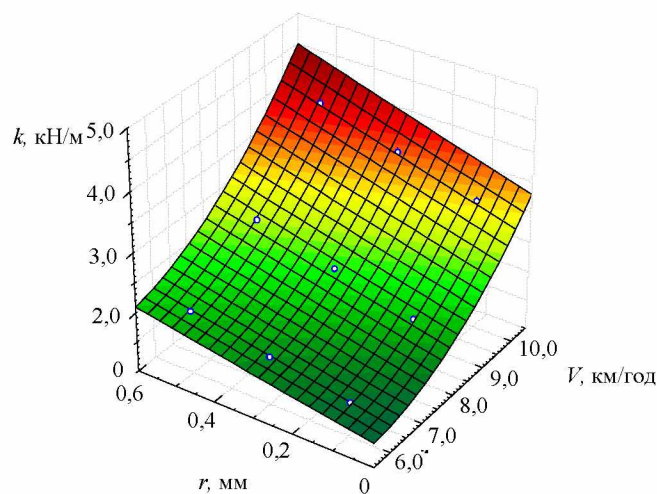


Рисунок 3.3. – Поверхня відгуку впливу швидкості переміщення V агрегату та радіуса крайки леза лапи r на питомий опір k

Порівняємо теоретичні значення приросту опору спрацьованої крайки леза з експериментальними. Для цього приймемо початковий радіус крайки леза лапи $r=0,1$ мм. А опір, обумовлений збільшенням радіуса, відповідатиме різниці між його значеннями при заданому радіусі крайки леза та початковому. Розраховані таким чином прирости питомого опору наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Приріст питомого опору культиваторних лап із збільшенням радіуса крайки леза за експериментальними даними

Радіус затупленого леза r , мм	Питомий опір k (кН/м) при швидкостях руху V (км/год)			Приріст питомого опору (кН/м) при швидкостях руху V (км/год)		
	6	8	10	6	8	10
0,1	1,543	2,130	3,131	0	0	0
0,3	1,673	2,280	3,416	0,130	0,150	0,285
0,5	1,728	2,386	3,506	0,185	0,256	0,375

Із наведених у таблиці даних видно, що приріст опору із збільшенням радіуса леза істотно залежить від швидкості руху. Аналітично врахувати вплив швидкості руху на опір ґрунту лезу досить складно, тому оцінити точність відповідності теоретичних та експериментальних результатів неможливо.

Порівняння теоретичних та експериментальних результатів дозволяє виявити достовірність характеру впливу окремих показників на вихідний параметр. Наприклад, у випадку, коли профіль леза наведено до робочих площин двох тригранних клинів, вірогідний питомий опір, обумовлений верхньою фаскою, становить близько 50 Н/м, а нижньою – 100 Н/м, тобто сума їх дорівнює 150 Н/м (Додаток В). Одержане значення питомого опору менше отриманого експериментально при $r=0,5$ мм (для швидкостей 6, 8 і 10 км/год) опір (приріст опору при збільшенні r від 0,1 до 0,5 мм) становить відповідно 185, 256 та 375 Н/м.

Наявність різниці між експериментальними та теоретичними значеннями опорів можна частково пояснити впливом зростання швидкості

руху.

Із наведеного аналізу можна зробити висновок, що теоретично визначити опір лезу з достатньою для практичного використання точністю неможливо. Отримані рівняння можна використовувати лише для встановлення впливу на опір окремих параметрів леза і режимів роботи агрегатів.

3.5. Результати польових дослідження динаміки спрацювання та затуплення крайки леза лапи культиватора

Дослідження спрацювання лез культиваторних лап проведено у польових умовах реальної експлуатації згідно методики, описаної (п. 2.2. та п. 2.3).

Польові дослідження проведено у червні 2022 року на навчальному полігоні навчально-виробничої майстерні кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту с. Бричківка Полтавського району Полтавської області, під час культивації ґрунту.

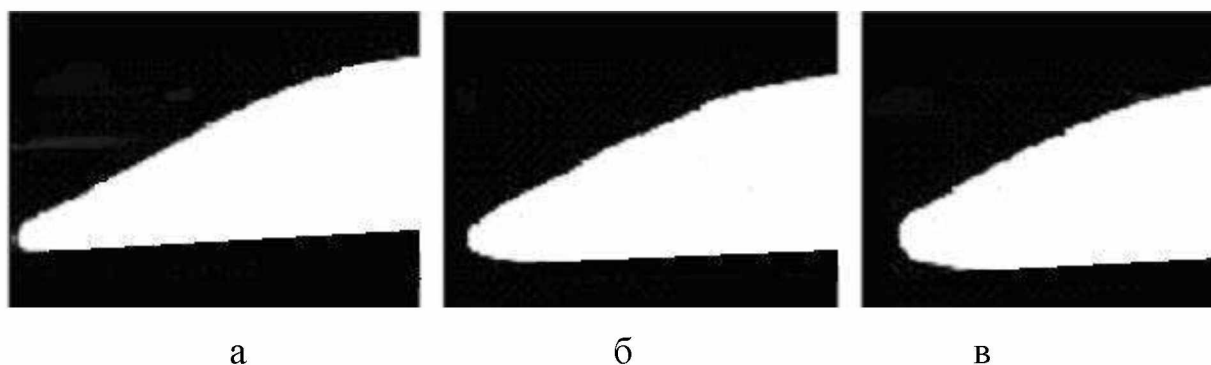
Умови проведення дослідження наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. – Вологість, твердість та щільність ґрунту в горизонтах оброблюваного шару

№ досліджу	Середні значення твердості c , Па, щільності c_2 , г/см ³ та вологості W , %								
	0-5 см			5-10см			10-15 см		
	c	c_2	W	c	c_2	W	c	c_2	W
1	6,3	1,11	28,0	8,7	1,31	28,9	20,7	1,34	31,2
2	4,5	1,05	28,3	9,8	1,26	28,6	15,0	1,36	31,9
3	5,2	1,08	27,8	11,4	1,28	29,2	16,8	1,32	31,2
Середнє	5,3	1,08	28,1	9,96	1,28	28,9	17,5	1,34	31,8

Тип ґрунту – середньо-суглинний чорнозем, структура ґрунту – дрібна, грудкувата. У попередній рік на полі проведено основний обробіток на глибину 0,25 м.

На рисунку 3.4 зображено скановані профілі відтисків крайки леза лапи, збільшених у п'ять разів.



а – наробіток 5 га (комплект №1); б – наробіток 25 га (комплект №2);
в – наробіток 45 га (комплект №3)

Рисунок 3.4. – Скановані відтиски профілю лез лап (збільшено 5x1)

У таблиці 3.6 наведені результати польових досліджень затуплення різальної крайки леза лапи культиваторів при збільшенні наробітку.

Таблиця 3.6. – Статистичні характеристики зміни радіуса різальної крайки леза у залежності від наробітку (пройденого шляху)

Показники	Оброблена площа культиватором КПС-4, га			
	5	15	25	45
	однією лапою (В=0,03м), га			
	0,337	1,01	1,68	3,04
	Пройдений шлях L, км			
	12,5	37,5	62,5	112,5
Середнє арифметичне значення радіуса r крайки леза лапи, см	0,0096	0,0205	0,0306	0,0504
Середнє квадратичне відхилення, мм	0,012	0,019	0,046	0,108
Коефіцієнт варіації, %	5,88	6,58	7,58	9,76

Встановлено, що залежність радіуса крайки леза лапи r від наробітку U (пройденого шляху L) носить не лінійний характер (рис. 3.5) і апроксимується залежностями:

$$r = 0,0126 + 0,0136U - 0,00006U^2 ; \quad r = 0,0139 + 0,0054L - 0,00001L^2. \quad (3.20)$$

На рисунку 3.5 графічно зображено залежність спрацювання крайки

леза культиваторної лапи r від наробітку $U(L)$.

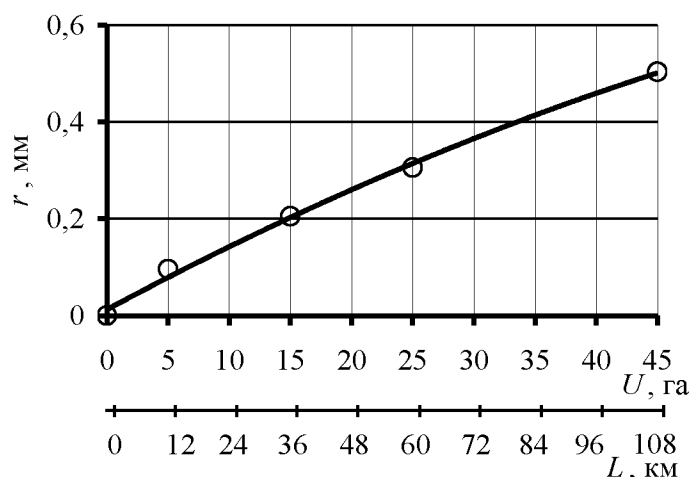


Рисунок 3.5. – Графік залежності радіуса спрацьованої крайки леза r від наробітку U та пройденого шляху L культиваторної лапи

3.6. Результати польових дослідження впливу спрацювання крайки леза культиваторної лапи на якість обробітку

Лапи культиваторів протягом усього часу експлуатації повинні забезпечувати якісний обробіток ґрунту з мінімальними витратами енергії. Однак, у результаті спрацювання і затуплення робочі параметри лап змінюються (Додаток Г), що призводить до погіршення виконання ними технологічного процесу культивації поля. Тому постає питання, щодо визначення граничних параметрів спрацювання крайки леза культиваторної лапи, після досягнення яких подальша експлуатація робочого органу стає не ефективною і не доцільною.

Основними якісними показниками роботи стрілочастих лап культиватора є глибина обробітку, рівномірність глибини ходу та ступінь підрізання коренів бур'янів.

Глибина обробітку. Не є обмежувальним параметром наробітку культиваторних лап на відмову оскільки конструкцією культиватора

зменшення глибини обробітку можна компенсувати відповідним регулюванням. Таким чином, цей показник не обмежує величину допустимого спрацювання.

Так як діючі агротехнічні вимоги (Додаток А) розраховані на сучасні культиватори, можна прийняти за задовільний показник підрізання коренів бур'янів 94-96%. Враховуючи результати теоретичних розрахунків та дані експериментальних досліджень, граничне допустиме значення радіуса крайки леза культиваторної лапи приймаємо $r=0,4$ мм, при цьому показник підрізання коренів бур'янів складає не менше 96%.

3.7. Висновки за розділом 3

1. Для підтвердження та використання отриманих аналітичних даних нами на практиці експериментально визначено:

- вплив наробітку на зміну геометричних параметрів леза, які характеризують ступінь його спрацювання;
- встановлено існуючий зв'язок між питомим опором і ступенем спрацювання лап;
- вплив ступеня спрацювання лез лап культиватора на якісні показники роботи.

2. Встановлено, також, що залежність зміни радіуса крайки леза культиваторної лапи r від наробітку $U(L)$ носить не лінійний характер внаслідок різної інтенсивності їх спрацювання та описується квадратичною функцією (3.20).

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Рекомендації щодо удосконалення організації технічного обслуговування культиватора КПС-4

Аналітичні дослідження по визначенню оптимального наробітку між черговими технічними обслуговуваннями культиваторних лап за критерієм мінімальної суми витрат коштів на додаткову енергію, обумовлену підвищенням опору при спрацюванні крайки леза лапи та їх відновленню представлено у розділі 3.

Для практичного використання отриманих рівнянь (3.11 і 3.19) експериментально визначені складові, що в них входять. Їх величини дорівнюють коефіцієнтам поліномів (3.11) – $b_2 = 0,00154$; $b_4 = 0,0005$; $b_5 = 0,000021$.

Заробітна плата механізатора складає $C_3=38$ грн/год; вартість однієї години простою агрегату $C_n=281$ грн/год; вартість ремонту комплекту лап шириною захвату 1 м $C_p=95$ грн; час заміни одного комплекту лап шириною захвату 1 м $t_3 = 0,3$ год.

Інші складові згідно існуючих норм прийняті такими: питома витрата палива $q = 0,25$ кг/кВт·год [35]; вартість палива 52,8 грн/кг; ККД трактора $\eta_T = 0,65$.

Після підстановки вихідних даних у рівняння побудовані залежності витрат коштів на додаткові енерговитрати та відновлення культиваторних лап після наробітку, що дорівнює пройденому шляху L (рис. 4.1).

Із рисунка видно, що із зростанням наробітку L , витрати коштів C_e на додаткову енергію збільшуються, а на відновлення C_v – зменшуються.

Залежність сумарних витрат коштів на додаткові витрати енергії, обумовлені збільшенням опору внаслідок спрацювання крайки леза лапи культиватора, та на їх відновлення подано на рисунку 4.2.

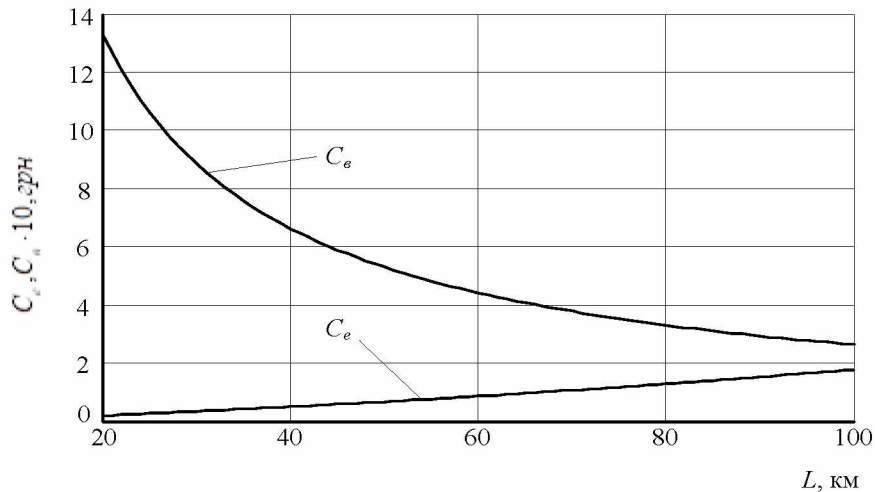


Рисунок 4.1. – Залежність витрат коштів та пального C_e (при $V=8$ км/год) та відновлення C_r від пройденого шляху L

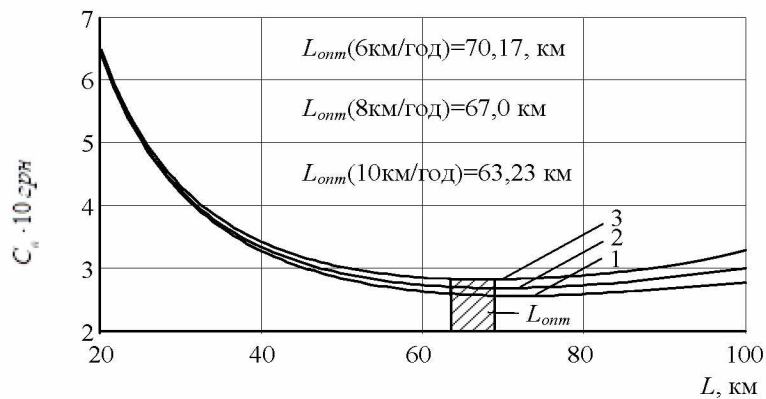
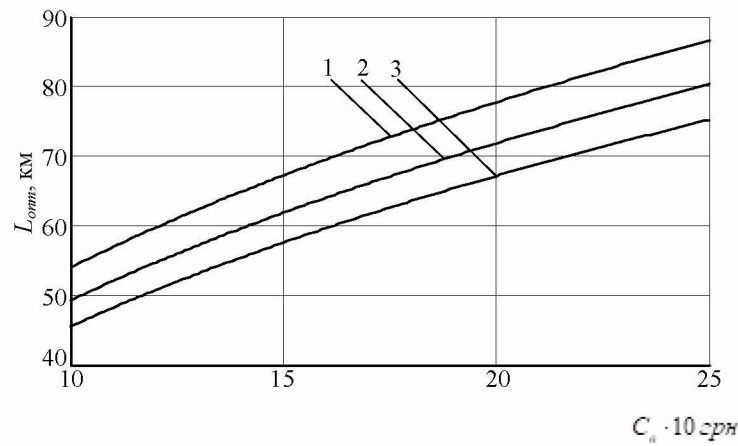


Рисунок 4.2. – Залежність сумарних витрат коштів C від пройденого шляху L та робочої швидкості: 1, 2 і 3 – відповідно $V=6, 8$ і 10 км/год

Наробіток, що відповідає мінімальним витратам коштів, слід вважати оптимальним. З рисунка 4.2 видно, що оптимальний шлях до заміни або відновлення лап знаходиться у межах 63-70 км. Це відповідає сумарним витратам на додаткові енерговитрати внаслідок спрацювання та на відновлення лап 26,3-29,5 грн. Із збільшенням швидкості руху сумарні витрати зростають, а оптимальна величина шляху L_{opt} скорочується, оскільки зростає інтенсивність спрацювання крайки леза лапи культиватора.

При швидкості 6 км/год L_{opt} становить 70,17 км, а при збільшенні швидкості до 10 км/год – зменшується до 63,23 км.

Залежність оптимального наробітку L_{opt} від вартості відновлення C_r та ціни пального C_n подано на рисунку 4.3.



1, 2, 3 – відповідно $C_p=50$; 55; 60 грн/кг

Рисунок 4.3. – Залежність оптимального міжремонтного наробітку L_{opt} від вартості відновлення C_v та ціни пального C_p при $V=8$ км/год.

При збільшенні вартості відновлення лап оптимальний наробіток зростає. Наприклад, при вартості палива 50 грн/кг і відновлення 1 м ширини захвату лап культиватора 150 грн. оптимальний пройдений шлях дорівнює 77,4 км, а при вартості відновлення 200 грн., – 87,8 км. Збільшення вартості палива зменшує оптимальний наробіток між технічними обслуговуваннями. Наприклад, при вартості відновлення 150 грн, зростання ціни пального від 50 до 60 грн/кг обумовлює зменшення оптимального наробітку від 67,3 до 57,8 км.

Встановлено, що середня вартість відновлення C_v в умовах господарств знаходиться у межах 150-170 грн, а середня вартість палива 52,8 грн/кг. За таких умов оптимальний наробіток L_{opt} становить 72,8-79,1 км (рис. 4.2), що відповідає радіусу крайки леза культиваторної лапи $r=0,34-0,37$ мм.

4.2. Екологічна експертиза

Екологічна експертиза – це вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян.

Спрямована екологічна експертиза на підготовку висновків про відповідальність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам та вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Проведення екологічної експертизи передбачено Законами України «Про охорону навколишнього природного середовища» (від 25.06.1991 р.), та «Про екологічну експертизу» (від 17 лютого 2011 року N 3038-VI .) [18]

Проведення екологічної експертизи діяльності сільськогосподарських комплексів базується на основі вимог «Водного» та «Земельного» кодексів України (від 6.06.95 р. та 13.03.92 р. відповідно), «Основ земельного законодавства», «Основ водного законодавства», Закону «Про охорону атмосферного повітря» (від 16.10.1992 р.) і т.д.

Оскільки виробничі дослідження по дипломній роботі проводилися безпосередньо з використанням трактором МТЗ-80 та культиватора КПС-4,0 на полях полігону навчально-виробничої майстерні кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту с. Бричківка Полтавського району Полтавської області, а вході роботи трактор МТЗ-80 проходив технічне обслуговування №2 в навчально-виробничої майстерні кафедри, тому дослідження по екологічній експертизі безпосередньо пов'язані з навчально-виробничою майстернею.

Навчально-виробнича майстерня кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту с. Бричківка Полтавського району Полтавської області знаходиться на малопродатних, для вирощування сільськогосподарських культур, землях. Ця ділянка має рівнинну поверхню, тому не має стоків у природні водойми.

Нафтосклад укомплектований ємностями для збирання і зберігання відпрацьованих нафтопродуктів. Дизельне паливо і бензин заправляються у машини з металевих каністр, що призводить інколи до розливу. А для

заправки агрегатів мастилами не передбачено спеціальних пристосувань, що запобігали б попаданню мастил на поверхню ґрунту.

В навчально-виробничій майстерні проводиться ряд робіт, які можуть становити потенційну загрозу забрудненню навколишнього середовища.

Для покращення екологічного стану в навчально-виробничій майстерні кафедри ми передбачили:

1. Нафтосховище укомплектувати однією ємністю на 200 літрів, для збору і зберігання відпрацьованих нафтопродуктів з розрахунку на 10 тракторів при роботі в найбільш завантажені періоди. Видачу усіх нафтопродуктів виконувати закритим методом. Ємкості для зберігання нафтопродуктів обладнати дихальною апаратурою.

2. На машинному дворі мийку обладнати відстійником та вловлювальними пристроями, які забезпечили б очищення води. Вони повинні запобігати забрудненню ґрунту нафтопродуктами, кислотами, лугами та забрудненою водою.

3. Вихлопні гази, які виділяються при роботі двигунів в приміщенні, відводити за територію майстерні.

4. У приміщеннях навчально-виробничої майстерні спроектувати витяжну вентиляцію, яка забезпечувала б необхідний мікроклімат (температура повітря 16–18°C, вологість 70%, швидкість руху повітря 0,015...0,02 м/с).

5. Територію, що прилягає до навчально-виробничої майстерні впорядкувати, для того передбачено:

- обладнати землі газонами впродовж під'їзних шляхів, навколо нафтоскладу, мийки машин;
- територію навчально-виробничої майстерні огородити та обсадити деревами листяних порід по його периметру та на території;
- обладнати зону відпочинку чи спортивний майданчик.

Дані заходи, які передбачені в навчально-виробничій майстерні кафедри дозволять зменшити вплив шкідливих факторів на оточуюче середовище.

Отже запропоновані заходи в даній роботі, не несуть загрози навколишньому середовищу, а полегшують роботу працівників навчально-виробничої майстерні.

Висновком є виконання передбачених заходів які дадуть можливість зберегти навколишнє середовище, зменшивши вплив шкідливих факторів як на організм людини, так і на оточуюче його навколишнє середовище.

4.3. Охорона праці

Охорона праці в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить безпечні умови праці працівниками сільського господарства. Передбачаються наступні заходи: поліпшення і оздоровлення умов праці, широке впровадження сучасних засобів безпеки, усунення причин, що породжують травматизм, створення на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов [19].

При використанні культиваторів для поверхневого обробітку ґрунту до роботи можна допускати тільки тих осіб, яким виповнилося 18 років, та які пройшли інструктаж з безпечних способів праці, знають конструкцію і регулювання знарядь і мають посвідчення тракториста-машиніста з талонами попередження і відповідними категоріями.

Тракторист повинен бути забезпечений спецодягом: костюмом з пилонепроникної тканини або комбінезоном, комбінованими рукавицями.

Перед початком руху тракторист подає сигнал. Під час роботи агрегату не можна стояти на рамі чи сніці знаряддя, усувати буд-які несправності, очищати руками робочі органи, регулювати глибину обробітку та змащувати будь-які вузли та деталі. Перед тим як зійти з трактора тракторист вимикає важіль гідропіднімача та опускає на землю начіпну машину. Категорично забороняється вмикати важіль гідропіднімача, стоячи на землі біля ґрунтообробної машини. Важіль вмикають тільки із сидіння трактора. Не можна працювати, якщо несправні знаряддя або гідросистема трактора.

Не дозволяється передавати управління трактором стороннім особам, встановлювати на трактор додаткові сидіння.

Тракториста треба забезпечити повним комплектом справного інструменту, який повинен зберігатися в спеціальному ящику. Для відпочинку необхідно відвести місця за межами поля. Не дозволяється відпочивати на ділянках, де працюють трактори, в загінках, на узбіччях, на розворот них смугах.

Не можна дозволяти стороннім особам перебувати в тракторі чи на сільськогосподарських машинах як під час роботи, так і при переїздах.

Не допускається керування тракторами після вживання алкогольних напоїв.

У випадках недомагання необхідно припинити роботу, попередити посадову особу, звернутися у лікарню.

На кожному тракторі має бути невеличка аптечка. Працівники повинні бути навчені прийомам надання долікарської допомоги.

Трактори обладнуються засобами пожежогасіння: вогнегасником та штиковою лопатою.

Під час грози роботу тракторів зупиняють, після дощу переїжджають через канави, рухаються вздовж схилів, на поворотах тільки на першій передачі.

Не передавати керування трактором особам не закріпленим за даним енергетичним засобом.

Перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, встановлювати або замінювати культиваторні лапи, усувати несправності, проводити змащування, очищати стійки та ріжучі поверхні культиваторних лап, тільки при заглушеному двигуні. Перед виконанням цих робіт на рульовому колесі вивішують табличку «Не вмикати!» «Працюють люди!».

Забороняється керувати трактором стоячи. Постійно стежити за культиватором, де можливе накопичення пожнивних решток чи бур'янів. Очищення проводити спеціальними крючками і обов'язково в рукавицях.

Місце відпочинку повинно бути відмічено видимими віхами, а при настанні темряви – освітлюватися.

Основні небезпеки, які виникають при роботі на культиваторах для поверхневого обробітку ґрунту приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1. – Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій при роботі на машинах для поверхневого обробітку ґрунту

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
Поверхневий обробіток ґрунту	Необхідність регулювання культиваторних лап по глибині на ґрунтообробній машині	Відсутність спеціальних підставок НД1 Недотримання правил з охорони праці НД2	Падіння культиватора на робітника	Нешасливий випадок травма	Укомплектування культиватора спеціальними підставками, проведення позапланового інструктажу з охорони праці
Відпочинок працівників під час польових робіт	Відпочинок працівників поза спеціально відведеними майданчиками	Наїзд машинно-тракторного агрегату на працівника	Небезпечний рух машинно-тракторного агрегату	Травма, смерть	Обладнати спец. майданчики для відпочинку працівників під час польових робіт, провести інструктаж з питань охорони праці робітників
Вмикання важеля гідропіднімача стоячи на землі біля ґрунтообробної машини	Проведення робіт пов'язаних з підніманням та опусканням начіпної машини важелем гідропіднімача, що вмикається безпосередньо біля трактора	Робота без підставок, використання несправного інвентаря	Можливе придавлення робітника при падінні начіпного ґрунтообробного знаряддя	Травма	Важіль гідропіднімача вмикати тільки із сидіння трактора. Працювати з використанням спеціальних підставок, контролювати стан робочого інвентаря
Очищення культиватора від бур'яну та пожнивних решток	Бур'ян намотався на стійки культиваторних лап	Очищення бур'яну руками	Можливість поранення	Травма	Очищення проводити спеціальним крючками в рукавицях

Висновки щодо підвищення стану охорони праці.

1. Збільшити кількість засобів пожежогасіння на тракторі.
2. Обладнати спеціальні місця для відпочинку за межами поля.
3. Забезпечити тракториста засобами індивідуального захисту.
4. Організувати вчасне проведення періодичних медичних оглядів працівників.
5. Забезпечити оптимальні мікрокліматичні умови в кабіні трактора для відчуття теплового комфорту, та створити передумови для високого рівня працездатності.
6. Стежити та вчасно усувати підтікання мастила на тракторі та сільськогосподарській машині.
7. Забезпечити машинно-тракторний агрегат спеціальними чистиками.
8. Забезпечити надійну роботу світлових та світло відбивних засобів у темну пору доби під час транспортування широкозахватних культиваторів.

4.4. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

У результаті опитування спеціалістів 15 сільськогосподарських підприємств (Додаток Д) встановлено, що технічне обслуговування культиваторних лап в середньому виконується через 33,7-43,2 га (для культиваторів шириною захвату 4 метра), що відповідає пройденому шляху 84-108 км та радіусу крайки леза культиваторної лапи $r = 0,4 - 0,47$ мм (рис. 4.2). З рисунку 4.2 видно, що при робочій швидкості 8 км/год оптимальному наробітку 67 км відповідає сумарна вартість на додаткові енерговитрати та відновлення 26,6 грн/га, а при наробітку 80-100 км – 27,5-29,8 грн/га. Різниця дорівнює 0,90-3,2 грн/га. [20]

Завод, що виготовляє стрілочасті культиваторні лапи рекомендує проводити заміну через 40,0 га (для культиваторів шириною захвату 4 метра), що відповідає пройденому шляху 101,7 км та радіусу крайки леза культиваторної лапи $r = 0,45$ мм., а сумарна вартість на додаткові

енерговитрати та заміну складе 30,3 грн/га. По результатам досліджень оптимальним наробітком при робочій швидкості 8 км/год є наробіток 26 га, що відповідає пройденому шляху агрегату 67 км, а сумарна вартість на додаткові енерговитрати та відновлення складе 26,6 грн/га. Економічна ефективність від застосування нового методу оптимізації наробітку між технічними обслуговуваннями для даного культиватора КПС-4 складе 3,7 грн/га. На одну культиваторну лапу. Річна економічна ефективність від застосування нового методу оптимізації наробітку між черговими технічними обслуговуваннями (для культиватора КПС-4 при середньому річному навантаженні 400 га/рік) становитиме 1480 грн/рік., на одну культиваторну лапу. (для культиватора КПС-4, комплект з 16 культиваторних лап – 23680 грн/рік.) Результати техніко-економічних розрахунків приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3. – Техніко – економічна ефективність впровадження результатів досліджень методу оптимізації наробітку між технічними обслуговуваннями культиватора КПС-4

Показник	Базовий варіант	Новий варіант
Наробіток культиваторних лап до їх відновлення, га	40,00	26,00
Сумарна витрата коштів на додаткові енерговитрати та відновлення культиваторних лап, грн/га	30,3	26,6
Економія коштів від застосування розробленого методу оптимізації наробітку культиваторних лап між технічними обслуговуваннями грн/га	-	3,7
Річна економія коштів від застосування розробленого методу оптимізації періоду між технічними обслуговуваннями культиваторних лап, при річному навантаженні КПС-4 400 га/рік, грн/рік (на одну стрілчасту лапу культиватора)		1480
Річна економія коштів від застосування розробленого методу оптимізації періоду між технічними обслуговуваннями культиваторних лап, при річному навантаженні КПС-4 400 га/рік, грн/рік	-	23680,00

Дотримання положень агротехнічних вимог, щодо роботи культиваторних лап, відображається не лише на збільшенні врожайності сільськогосподарських культур, а й на підвищенні економічної ефективності роботи лап внаслідок зменшення питомих енерговитрат (Додаток К).

4.5. Висновки за розділом 4

Враховуючи отримані результати виробничих досліджень рекомендуємо:

1. При збільшенні радіуса крайки леза лап культиватора r від 0,1 до 0,5 мм на швидкостях руху агрегату 6, 8 і 10 км/год питомий опір зростає відповідно на 11,98, 12 і 12,02 %, а приріст опору становить відповідно 0,185; 0,256 і 0,375 кН/м. Інтенсивність приросту опору при збільшенні швидкості від 6 км/год до 8 км/год знаходиться у межах 36-38 %, а у межах від 8 км/год до 10 км/год – 47-49 %.

2. Дотримуватися значень граничного спрацювання до допустимого радіусу крайки леза лапи культиватора 0,3-0,4 мм, що відповідає наробітку 62-76 км у пройденому шляху або 1,86-2,28 га на одну культиваторну лапу шириною захвату 0,3 м.

3. Для дотримання встановленої глибини обробітку в межах агротехнічних вимог необхідно через кожні 25 км пройденого шляху заглиблювати робочі органи культиватора на 1 см; рівномірність глибини ходу зберігається на допустимому рівні ($v=37,5\%$) при радіусі крайки леза лапи культиватора до 0,5 мм; прийнятний ступінь підрізання коренів (94-96%) спостерігається при радіусі крайки леза 0,3-0,4 мм, при цьому рекомендована швидкість має бути не менше 8 км/год.

4. Виконання передбачених заходів розроблених у підрозділі екологічна експертиза дадуть можливість зберегти навколишнє середовище, зменшивши вплив шкідливих факторів як на організм людини, так і на оточуюче його навколишнє середовище.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналізом умов і режимів роботи, видів та причин відмов культиваторних лап у процесі їх експлуатації встановлено є швидке затуплення крайки леза лапи. Внаслідок різноманіття й специфіки умов роботи культиваторних лап науково обґрунтованої допустимої величини затуплення крайки леза лапи не встановлено. Аналіз існуючих досліджень засвідчив перспективність вирішення багатокритеріальної задачі, пов'язаної з визначенням оптимальної допустимої величини затуплення крайки леза лапи культиватора через урахування якісних та енергетичних показників їх роботи.

2. Теоретичними дослідженнями процесу взаємодії спрацьованої крайки леза лапи культиватора з ґрунтом встановлено характер впливу величини її спрацювання на питомий опір ґрунту та одержано математичний опис даного процесу.

Теоретичні й експериментальні дослідження свідчать, що при збільшенні величини спрацювання крайки леза лапи культиватора до радіуса кола, вписаного у профіль леза (радіус леза) 0,5 мм (пройдений лапою шлях 112,5 км), приріст питомого опору знаходиться в межах 36-49 % в діапазоні швидкостей руху агрегату 6-10 км/год.

3. Експериментальними дослідженнями якісних показників роботи культиваторної лапи виявлено, що для дотримання встановленої глибини обробітку в межах агротехнічних вимог необхідно через кожні 25 км пройденого шляху агрегата заглиблювати робочі органи культиватора на 1 см; рівномірність глибини ходу зберігається на допустимому рівні ($\nu=37,5\%$) при радіусі крайки леза лапи культиватора до 0,5 мм; прийнятний ступінь підрізання коренів (94-96%) спостерігається при радіусі крайки леза 0,3-0,4 мм, при цьому рекомендована швидкість має бути не менше 8 км/год.

4. Обґрунтовано метод визначення оптимального наробітку між черговими технічними обслуговуваннями культиваторних лап. Аналітично

визначено залежність оптимального наробітку між технічними обслуговуваннями від коефіцієнтів поліному залежності питомого опору від пройденого шляху, ККД трактора, вартості пального та вартості відновлення. Для прийнятих ґрунтових умов і вартості ПММ та ремонтно-обслуговуючих робіт оптимальний наробіток між черговими технічними обслуговуваннями становить 64-70 км пройденого шляху агрегатом, що відповідає радіусу спрацьованої крайки леза культиваторної лапи 0,34-0,37 мм.

5. За дотримання оптимального наробітку між черговими технічними обслуговуваннями порівняно із прийнятими у господарствах (80-100 км), економічна ефективність від застосування нового методу визначення оптимального наробітку між технічними обслуговуваннями (для культиватора КПС-4 при річному наробітку 400 га) становить у середньому 23680 грн/рік грн/рік. (комплект з 16 культиваторних лап).