

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

ДИПЛОМНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «Дослідження енергозатрат під час суцільного обробітку
грунту культиватором»

Виконав: студент групи Аін-61
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Марценюк Володимир Валерійович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: _____
(Прізвище та ініціали)

Рецензенти:

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 631.331

Марценюк Володимир Валерійович. «Дослідження енергозатрат під час суцільного обробітку ґрунту культиватором» Дипломна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 76 с.

Табл. 7; рис. 24; бібліогр. джерел 31.

Встановлено, що основний обробіток включає глибоку оранку, чизелювання або плоскорізний обробіток, триває протягом кількох років або щорічно. Мілкий або поверхневий обробіток здійснюють на глибину до 10–12 см для збереження вологи та боротьби з бур'янами

Теоретично обґрунтовано та створено модель лапи культиватора для мілкового обробітку ґрунту. Розраховано параметри технологічного процесу, такі як швидкість та висота переміщення скиби ґрунту. Досліджено параметрами взаємодії та енергомісткість процесу кришення ґрунту. Встановлено, оптимальний діапазон енергозатрат на руйнування структури зразка ґрунту, який становить 16 - 21 Дж/дм³.

Проведено багатоваріантний аналіз й економічний ефект від використання машино-тракторного агрегату за різних конфігурацій для суцільного обробітку ґрунту.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1.	
СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Основні тенденції розвитку виробництва сільськогосподарських культур.....	10
1.2. Основні технології обробітку ґрунту	17
1.3. Порівняльна оцінка знарядь для обробітку ґрунту	22
Висновки за розділом.....	27
РОЗДІЛ 2.	
РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ОРГАНУ КУЛЬТИВАТОРА.....	28
2.1. Аналіз досліджень взаємодії робочих органів сільськогосподарських знарядь з ґрунтом.....	28
2.2. Розрахунок геометричних розмірів робочого органу культиватора.....	33
2.3. Обґрунтування технологічної ефективності роботи культиватора для мілкої обробітку ґрунту.....	35
Висновки за розділом.....	40
РОЗДІЛ 3.	
МЕТОДИКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
3.1. Шляхи удосконалення машин для суцільного обробітку ґрунту.....	42
3.2. Оцінка енергетичних затрат на обробіток ґрунту.....	50
РОЗДІЛ 4.	
ОХОРОНА ПРАНИ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	61
4.1. Формування безпечних умов праці під час роботи з сільськогосподарськими машинами	61
4.2. Оцінка безпеки сільськогосподарських машин.....	62
4.3. Аналіз небезпечних чинників під час роботи з навісними	

	5
машинами	64
4.4. Захист навколишнього середовища	65
РОЗДІЛ 5.	
ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	68
5.1. Багатоваріантна економічна оцінка ефективності використання МТА	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

Актуальність дослідження. Урожайність завжди є важливою проблемою для малих фермерів. В умовах зростаючого екологічного та економічного тиску пошук стійких методів підвищення врожайності життєво важливий для успіху в осяжному майбутньому. У малих господарствах найбільшого поширення набули п'ять інноваційних підходів, які не тільки підвищують продуктивність, але й забезпечують довгострокову стійкість виробництва.

Прецизійні зрошувальні системи є одним із найефективніших способів підвищення врожайності є використання систем точного зрошення, таких як крапельне зрошення та датчики вологості ґрунту. Ці технології гарантують, що вода потрапляє безпосередньо до коренів рослин, мінімізуючи відходи та оптимізуючи здоров'я рослин. Точне зрошення призводить до значного покращення ефективності використання води, що має вирішальне значення в районах, схильних до посухи.

Покривні культури, такі як конюшина та люцерна, відіграють вирішальну роль у сталому сільському господарстві. Вони захищають і збагачують ґрунт, фіксуючи азот, пригнічуючи бур'яни та підтримуючи вологість ґрунту. При ефективному використанні покривні культури можуть сприяти оздоровленню ґрунту та підвищенню врожайності, зменшуючи потребу в хімічних добривах.

Крім того, інтеграція покривних культур у сівозміни може значно зменшити ерозію ґрунту та покращити структуру ґрунту, сприяючи кращій інфільтрації води під час сезонів дощів. Ця практика не лише підтримує біорізноманіття, забезпечуючи середовище існування для корисних комах та інших диких тварин, але також допомагає уловлювати вуглець з атмосфери, сприяючи пом'якшенню наслідків зміни клімату.

Диверсифікація рослинництва за допомогою полікультури та щорічної сівозміни допомагає підтримувати здоров'я ґрунту та зменшує вразливість до

шкідників і хвороб. Полікультурне виробництво передбачає вирощування кількох видів сільськогосподарських культур на одному просторі, як-от традиційний метод «Трьох сестер», де кукурудза, квасоля та кабачки доповнюють одна одну, використовуючи природні синергії — кукурудза створює структуру для квасолі, квасоля фіксує азот у ґрунті, а кабачок зберігає вологу в ґрунті. Ця стратегія не тільки покращує структуру ґрунту, але й покращує біорізноманіття ферм, що призводить до більш стійких систем посівів і підвищення продуктивності.

Сівозміна відіграє вирішальну роль у розриві циклу шкідників і хвороб, чергуючи види культур, які висаджують на кожному полі, тим самим позбавляючи шкідників їхніх бажаних рослин-господарів. Крім того, ця практика допомагає збалансувати поживні речовини в ґрунті, оскільки різні культури мають різні потреби в поживних речовинах і внесок, забезпечуючи стійку родючість ґрунту та зменшуючи залежність від хімічних речовин.

Зелене добриво передбачає вирощування рослин спеціально для того, щоб їх заорати назад у ґрунт. Такі рослини, як гірчиця та бобові, вирощують для повернення в землю органічних речовин і поживних речовин, покращуючи родючість і структуру ґрунту. Цей метод є природним способом збагачення ґрунту та підвищення наступної врожайності без зовнішнього впливу.

Для міських фермерів або тих, хто має обмежений простір, вертикальне землеробство пропонує життєздатне рішення. Вирощуючи культури вгору, а не назовні, вертикальне землеробство максимізує простір і може значно збільшити врожайність на квадратний фут. Ця техніка особливо корисна для високоцінних, невеликих культур, таких як трави та листові зелені.

Застосовуючи ці методи сталого землеробства, фермери можуть максимізувати врожайність, забезпечуючи при цьому довголіття та здоров'я своєї землі. Кожен метод пропонує спосіб вирішення конкретних проблем, з якими стикаються сучасні фермери, від дефіциту води до обмеженого

простору, що робить їх безцінними в пошуках сталого сільського господарства.

У цьому столітті врожайність зернових культур зросла майже вдвічі в результаті генетичних змін шляхом селекції рослин. Однак, не було жодних змін у швидкості фотосинтезу на одиницю площі листя, щоб супроводжувати ці збільшення. При цьому загальний фотосинтез збільшився в результаті збільшення площі листя, добової тривалості фотосинтезу або тривалості площі листя. Залишаються значні можливості продовжувати покращувати загальний фотосинтез і врожайність генетично за допомогою звичайних методів селекції. Відбірні ознаки досліджуються в контексті збільшення загальної надземної біомаси за сприятливих умов. Існують можливості змінити тривалість врожаю та час розвитку врожаю, а також збільшити швидкість розвитку ранньої площі листя для досягнення швидкого змикання крони. Важливість цих ознак залежатиме від середовища, в якому вирощується культура. Збільшення фотосинтезу сільськогосподарських культур через селекцію також, ймовірно, відбувається непрямим шляхом [4], [6], [11].

Метою роботи є: дослідження основних енергетичних параметрів взаємодії робочого органа культиватора з ґрунтом під його обробітку.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

1. Здійснити аналіз способів, машин і засобів для суцільного обробітку ґрунту;
2. Дослідити конструктивні параметри робочих органів культиваторів та їх вплив на енергетичні параметри взаємодії з ґрунтом.
3. Здійснити теоретичний розрахунок робочого органа культиватора та визначити його оптимальні параметри для зменшення енергетичних затрат під час основного обробітку ґрунту.
4. Дослідити ефективність обробітку ґрунту пропонованого робочого органа культиватора.

5. Провести економічне обґрунтування ефективності використання пропонованого робочого органу, здійснити порівняльну оцінку аналогічних МТА.

Об'єкт дослідження. Культиватор, робочий орган ґрунтообробної машини, енергозатрати під час мілкового обробітку ґрунту.

Предмет дослідження. Закономірності зміни енергозатрат під час обробітку ґрунту, залежно від параметрів робочого органу культиватора.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Основні тенденції розвитку виробництва сільськогосподарських культур

В останні десятиліття світ зіткнувся зі швидким зростанням населення. Це експоненціальне зростання населення створює величезний тиск на глобальну продовольчу систему, де потреба у виробництві продуктів харчування має значно зрости, щоб задовольнити попит. Потреба у підвищенні продуктивності місцевих продовольчих культур стає дедалі гострішою. Місцеві продовольчі культури, які часто є більш адаптивними до місцевих умов навколишнього середовища, мають великий потенціал для задоволення харчових потреб у різних регіонах, особливо в країнах, що розвиваються. Однак такі проблеми, як обмеженість сільськогосподарських угідь, зниження родючості ґрунту та залежність від традиційних методів землеробства, часто обмежують досяжний обсяг виробництва цих культур.

Підвищення продуктивності місцевих продовольчих культур є важливим не лише в контексті забезпечення продовольством, а й для покращення добробуту місцевих фермерів, які залежать від сільського господарства. Розуміння та застосування сучасних сільськогосподарських технологій може стати ключем до розкриття повного потенціалу цих місцевих продовольчих культур. Однак такі фактори, як зміна клімату, шкідники, хвороби рослин і неоптимальні методології землеробства часто перешкоджають їх продуктивності. З іншого боку, технологічний прогрес надає нові можливості для підвищення ефективності та продуктивності в сільськогосподарському секторі. Сучасні сільськогосподарські технології, що охоплюють різні аспекти, починаючи від інформаційних технологій, механізації, біотехнологій і закінчуючи інтегрованим управлінням виробництвом, продемонстрували свою здатність збільшити вирощування сільськогосподарської продукції

Однак впровадження сучасних сільськогосподарських технологій також піднімає кілька важливих питань пов'язані з доступністю, адаптацією дрібних фермерів, їх впливом на соціально-економічні аспекти фермерів, а також довгостроковим впливом на навколишнє середовище та сталість виробництва. Тому важливо критично вивчити вплив сучасних сільськогосподарських технологій у контексті місцевого виробництва продовольчих культур, зрозуміти їхній потенціал і проблеми, а також дослідити шляхи оптимізації.

Експерти прогнозують зростання світового попиту на зерно на 70% протягом наступних трьох десятиліть, тому фермери та переробники потребують збільшення виробництва, удосконалення методів обробки та оптимізації сховищ. Цей зростаючий попит підкреслює важливість розуміння кожної фази циклу виробництва зерна: посів, догляд, збирання, обмолот і зберігання. Оволодівши цими процесами, фермери можуть забезпечувати високу якість врожаю, мінімізуючи відходи, зрештою ефективно задовольняючи потреби зростаючого населення.

Сучасні сільськогосподарські технології зробили низку позитивних впливів на продуктивність місцевих продовольчих культур, допомагаючи фермерам оптимізувати використання ресурсів і підвищити врожайність. Наприклад, використання технологій точного землеробства, таких як інтегровані системи зондування, які включають GPS, датчики та картографічні дрони, дозволяє фермерам точніше та ефективніше контролювати стан землі та посівів

Крім того, впровадження біотехнологічних методів у розробці місцевих сортів харчових культур, які більш стійкі до хвороб, шкідників та екстремальних кліматичних умов. Ці технології не тільки забезпечують переваги з точки зору обсягу врожаю, але й сприяють стабільності виробництва сільськогосподарських культур та стійкості сільського господарства. Завдяки застосуванню сучасних сільськогосподарських технологій фермери можуть бути більш адаптованими до поточних і

майбутніх змін клімату. Покращене управління угіддями, наприклад використання технологічно передової техніки, яка може виконувати вибірково оранку, також допомагає підтримувати структуру ґрунту та покращувати його стан, що, у свою чергу, покращує ріст культур і продуктивність. Зрештою, технологічні інновації в сільському господарстві допомагають зменшити врожай.

Впровадження сучасних сільськогосподарських знарядь і техніки спростило такі процеси, як посів, догляд та збирання врожаю, що призвело до економії часу та зменшення навантаження на працівників.

Крім того, розширення доступу до інформації через цифрові платформи забезпечує здатність фермерів приймати рішення на основі аналітичних даних, полегшуючи для них розуміння ринкових тенденцій.

Для забезпечення сталого розвитку підприємствам необхідне впровадження наступних кроків у зерновому господарстві.

Зернове господарство починається з відбору якісного насіння та підготовки ґрунту, які закладають основу успішного врожаю. Вибір насіння має вирішальне значення, оскільки різні зерна зростають у різних умовах навколишнього середовища та типі ґрунту (рис. 1.1).

Урожайність сортів озимої пшениці на демонстраційних полігонах, т/га, Україна, 2019 р.					
Розташування демонстраційних полігонів	ФЕЛІКС	КАТАРІНА	ЦЕНТУРІОН	АТЛОН	ТРУБЛІОН
ТОВ Західний Буг, Львівська обл., Броди	8,90	8,40	9,60	9,50	9,30
ТОВ Ель Гаучо, Тернопільська обл., Дзвиняч	7,41	8,10	7,26	7,33	7,84
ПАП Агропродсервіс, Тернопільська обл., Настасів	9,39	9,24	8,48	7,95	8,71
ТОВ Бучаґрохлібпром, Тернопільська обл.,	9,10	9,37	8,37	9,00	8,87
ТОВ Суффле Агро Україна, Хмельницька обл.,	7,42	7,69	8,47	7,89	8,02
ТОВ НВФ Урожай, Черкаська обл., Валява	7,42	6,46	8,69	7,44	7,87
ТОВ Сєдна, Черкаська обл., Умань	9,79	9,43	9,26	9,65	9,00
ТОВ Суффле Агро Україна, Черкаська обл., Юрківка	10,09	10,18	10,51	8,80	10,51
ТОВ Астарт-Селекція, Вінницька обл., Хмільник	9,13	9,35	10,26	8,86	9,64
ТД Насіння АЦ Арчі, Вінницька обл., Михайлин	8,25	8,15	8,43	7,35	8,65
ТОВ Поділлятінвест, Вінницька обл., Тиврів	7,23	7,10	7,61	7,89	7,42
Середнє (достатнє зволоження)	8,56	8,50	8,81	8,33	8,71

Рисунок 1.1 – Врожайність озимої пшениці на дослідних ділянках

Вибираючи насіння, фермери повинні враховувати такі фактори, як клімат, рН ґрунту та рівень вологості. Вони також оцінюють сорти насіння за

такими ознаками, як посухостійкість, стійкість до хвороб і потенціал врожайності, щоб переконатися, що вони вибирають найбільш підходящий варіант для своїх конкретних умов.

Підготовка ґрунту зазвичай включає обробку ґрунту, яка допомагає аерувати ґрунт, інтегрувати поживні речовини та очистити бур'яни, створюючи оптимальне середовище для росту. Тим не менш, зростає тенденція до практики no-till або редукованого обробітку, яка зосереджена на збереженні здоров'я ґрунту, зменшенні ерозії та сприянні біорізноманіттю. Покривні культури, які включають посадку бобових або трав для покращення родючості та структури ґрунту, є ще однією практикою, яка широко використовується для зміцнення основи майбутніх циклів урожаю (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Застосування технології No-till

Більшість зернових культур вирощуються як однорічні, завершуючи свій життєвий цикл - від проростання до збору врожаю - протягом одного року. Оптимальний вегетаційний період залежить від типу зерна. Овес, жито та багато сортів пшениці ідеально висаджувати восени, щоб скористатися прохолодною погодою, яка сприяє стабільному росту та зменшує вплив шкідників. З іншого боку, такі культури, як гречка, просо та деякі типи пшениці, процвітають за теплих весняних умов, одержуючи переваги від більшої кількості сонячного світла та довшого дня вегетації.

Після вибору насіння та підготовки ґрунту наступний етап включає посадку, зрошення та моніторинг. Насіння висівається за допомогою точної техніки (рис. 1.3), яка забезпечує рівномірний розподіл і оптимальну глибину посіву, що є вирішальним для рівномірного проростання та росту. Після посадки ретельна стратегія зрошення та управління водою підтримує ідеальний рівень вологи в ґрунті. Це важливо, оскільки надмірний полив може призвести до хвороб і вимивання поживних речовин, тоді як недостатній полив може призвести до затримки росту.

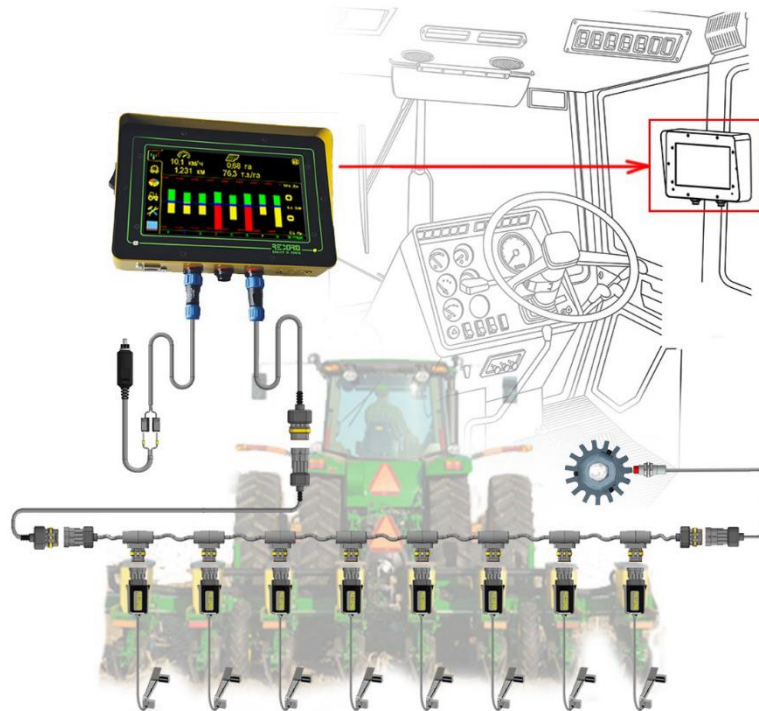


Рисунок 1.3 – Застосування технології точного висіву

Практика внесення добрив адаптована до конкретних потреб ґрунту в поживних речовинах, забезпечуючи отримання культурами основних елементів, необхідних для процвітання. Використання передових технологій, таких як системи внесення із змінною нормою, дозволяє фермерам ефективно вносити добрива та мінімізувати відходи, сприяючи економічній та екологічній ефективності.

Ефективні стратегії боротьби з бур'янами та шкідниками також є життєво важливими на цьому етапі. Фермери використовують поєднання механічних (обробка ґрунту та мульчування), хімічних (гербіциди та пестициди) та біологічних (корисні комахи) засобів контролю для захисту посівів. Інтегрована боротьба зі шкідниками (IPM), яка поєднує ці підходи, набуває все більшої популярності через свою ефективність у зменшенні шкоди від шкідників при мінімізації використання хімікатів.

Постійний моніторинг протягом вегетаційного періоду має важливе значення для виявлення та оперативного вирішення будь-яких проблем, що виникають. Зараз фермери значною мірою покладаються на такі технології, як безпілотники та супутникові зображення (рис. 1.3), щоб виявити недоліки зростання урожаю, дефіцит поживних речовин і зараження шкідниками. Ці технології надають дані в режимі реального часу, уможливаючи швидке та цілеспрямоване втручання, яке запобігає переростанню дрібних проблем у великі. Деякі фермери також використовують датчики вологості ґрунту та системи моніторингу погоди, щоб оптимізувати графіки зрошення, гарантуючи, що культури отримають воду саме тоді, коли це необхідно.

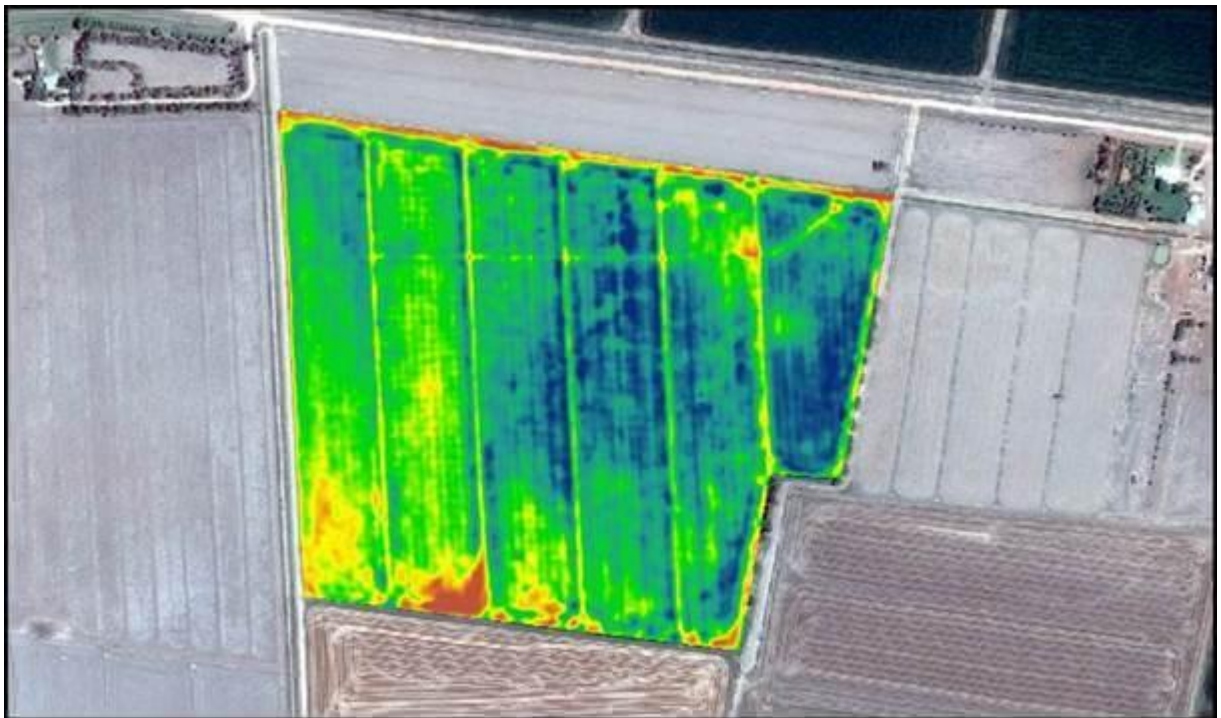


Рисунок 1.4 – Застосування технології з використанням Нормалізованого Диференційованого Вегетаційного Індексу (NDVI)

Коли посіви досягають зрілості, починається етап збирання врожаю, і це критичний момент, коли необхідно використовувати сучасні машини, такі як комбайни, оскільки вони збирають, обмолочують і очищають зерно за одну операцію. Ці машини значно скорочують трудомісткість і час, дозволяючи фермерам ефективно обробляти великі поля.

Час збору врожаю має вирішальне значення для отримання максимального врожаю. Зерно, зібране занадто рано, може не повністю дозріти, що призведе до зниження врожаю та погіршення якості. І навпаки, надто пізнє збирання врожаю може наразити врожай на такі ризики, як подрібнення, пошкодження погодою або нашествя шкідників.

Після збору врожаю зерно проходить кілька післязбиральних процесів, щоб підготувати його до зберігання або продажу. Ці кроки є життєво важливими для збереження якості зерна та забезпечення довгострокової життєздатності. Сушіння - цей важливий крок зменшує вологість зерна, щоб запобігти цвілі та гниттю. Найчастіше використовують природне повітряне сушіння або механічні сушарки залежно від типу та масштабу виробництва культури.

Правильне зберігання має вирішальне значення для збереження якості зерна. Традиційні методи, такі як силоси та бункери, захищають зерно від шкідників, вологи та перепадів температури. Нові технології зберігання тепер подовжують термін придатності та зменшують псування.

Для невеликих операцій ефективним варіантом є герметичні мішки для зберігання. Ці пакети закривають зерно в герметичних мішках, запобігаючи проникненню вологи та комах. Такі рішення доступні та ефективні, пропонуючи альтернативу для ферм без великих сховищ (рис. 1.4). Крім того, використовуючи технологію моніторингу в реальному часі, фермери можуть відстежувати рівень температури та вологості в силосах, вживаючи профілактичних заходів, якщо умови відхиляються від оптимального діапазону.



Рисунок 1.5– Застосування технології зберігання зерна у рукавах

Вирощування зерна, від посіву до зберігання, є багатогранним процесом, який потребує балансу традиційних знань і сучасних технологій. Оскільки попит на зерно продовжує зростати, фермери повинні постійно впроваджувати інновації, щоб підтримувати належну продуктивність [4], [12], [22].

1.2. Основні технології обробітку ґрунту

Обробіток ґрунту охоплює широкий спектр прийомів фізичного впливу на ґрунт. Призначений для підготовки посівного ложа, яке оптимізує умови проростання насіння, формування розсади та зростання врожаю. Є два типи обробітку ґрунту. Основний суцільний обробіток ґрунту, де розпушується ґрунт і додають добрива та/або рослинний матеріал, внаслідок чого ґрунт має грубу текстуру.

Вторинний (безвідвальний), обробіток ґрунту за рахунок якого виробляють дрібніші фракції ґрунту та іноді формуються ряди. Обробіток ґрунту можна проводити за допомогою різних комбінацій обладнання, а

саме. плуг, дисковий плуг, борона, барабани, сапа, лопата, фрези, глибокорозрихлювачі, фрези, катки тощо.

Багаторазовий обробіток ґрунту може виснажити бур'янисті рослини (насіння, бульби тощо). Бур'яни витрачають енергію, щоб досягти поверхні, а потім перетворюються на ґрунт під час перегнивання. Оранка розпушує та аерує ґрунт, що, у свою чергу, сприяє глибшому проникненню коренів. Це допомагає змішувати органічні речовини (гумус) і поживні речовини рівномірно по всьому масиву.

Суцільний обробіток ґрунту є основним елементом впливу на продуктивність системи рослинництва. Власне, на думку фахівців інтенсивний обробіток ґрунту веде до формування кращого посівного ложа для посіву, а отже, для отримання вищої врожайності. Вважалося, що метою оранки було подрібнення грудок землі на дрібні частинки, щоб їх могли проштовхнути коріння рослин.

Цілі інтенсивного обробітку ґрунту дещо відрізняються для помірного та тропічного клімату. У регіонах з помірним кліматом осіння оранка плугом з відвалом залишає поверхню ґрунту шорсткою з великими грудками і численними виступами і борознами, які зазнають розм'якшення або розсипання, через цикли вологості-сушка та заморожування-відтавання.

На основі цих характеристик можна виділити деякі найважливіші різновиди оранки:

Оранка, яка повністю обертає пласт. Оранка з повним оборотом пласта гарантує, що він повністю перевертається через напаханий масив. Зрізаний плугом пласт перевертається на 180 градусів щодо горизонту (рис. 1.4). Цей тип оранки часто використовується для обробки болотистих і задернелих ділянок. Його перевага для такого типу ґрунту полягає в тому, що насіння, бур'яни та збудники хвороб перевертаються вниз і накриваються поверхнею землі. Збудники хвороб гинуть, насіння позбавляються можливості проростання та однорічні рослини перегнивають. Глибина перевернутого та зрізаного шару визначається рівнем заглиблення плуга.

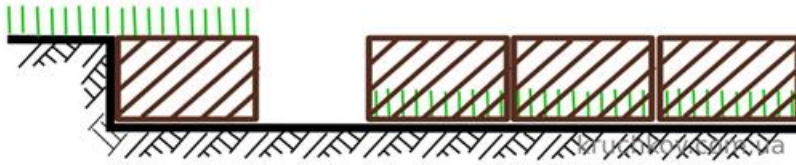


Рисунок 1.4 – Оранка з повним оборотом пласта

Оранка із здійманням пласта (рис. 1.5) забезпечує переворот шару землі в поперечній площині на 135° щодо горизонту. Таким чином, на рівні заглиблення плуга між пластами землі утворюються повітряні пазухи, що дозволяє накопичувати в них вологу. У закритих пазухах волога зберігається довше. На поверхні також формується гребенеподібна структура, що сприяє затриманню снігу та вологи. Цей тип оранки використовується на ґрунтах, які раніше були оброблені. Недолік оранки здійманням пласта полягає в тому, що частина рослин не накривається шаром землі і продовжує процвітати. Найпоширенішим методом оранки в нашому кліматі є здіймання пласта.

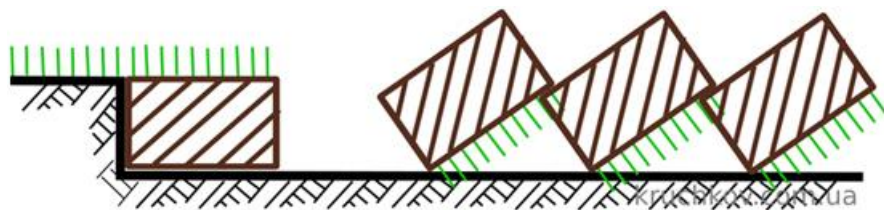


Рисунок 1.5 – Оранка зі здійманням пласта

Культурна оранка (рис. 1.6) є поєднанням способів між повним оборотом і оранкою з здійманням пласта. Така оранка виконується з використанням передплужника. В цьому випадку верхній шар ґрунту виходить рівним, оскільки передплужник засипає повітряну пазуху, яка утворилася між шарами ґрунту. Отже, цей метод оранки значно краще заглушає сходи бур'янів, ніж оранка, яка вимагає здіймання пласта.



Рисунок 1.6 – Культурна оранка

Родючість має вирішальне значення для забезпечення продовольчої безпеки та економічного розвитку. На кількість опадів, вологозабезпечення ґрунту, зростання та розвиток рослин і продуктивність сільськогосподарських угідь впливає глобальне потепління. Внаслідок посухи почастишали випадки зниження врожайності зернових культур, що призвело до зниження рентабельності виробництва. Практики-аграрії реагують на кліматичні зміни, щоб запобігти руйнуванню сільських земель. Упровадження та розширення вологоощадних технологій обґрунтовано для зниження негативного впливу посух.

Технологія без оранки - це не просто відмова від оранки, а складна система нульового обробітку ґрунту, яка забезпечує прямий посів у прорізаний сивалковій борозенці та збереженні кліткової, незайманої структури поля. Це означає, що стерня та мульча з подрібнених рослинних залишків залишаються. Мульча зменшує випаровування вологи, захищає ґрунт від ерозії, збільшує родючість ґрунту та запобігає опустелюванню та деградації. У США, Канаді, Бразилії, Аргентині, Парагваї та Австралії технологія без обробки є найбільш поширеною. Загалом у світі ця технологія обробляє 6,8% ріллі, при цьому в Європі вона досягає 3% ріллі.

Технологія міні-обробітку включає:

а) під час збирання урожаю подрібнення рослинних залишків комбайнами;

б) відразу після збирання передньої культури луцення стерні на глибині 6-8 см;

в) проведення осінньої обробки дисковими боронами на глибину від 15-18 см;

г) розпушування ґрунту на глибину 30–40 см один раз на три роки.



Рисунок 1.7 – Strip-Till, No-Till технології посіву

Обов'язковими елементами сучасної технології мають бути :

- подрібнення рослинних залишків під час збирання врожаю (спалювання їх - це екологічна катастрофа);
- вивантаження зібраного врожаю з комбайнів на краю поля та повне вилучення заїздів важкої техніки на поле;
- лушення стерні на глибину 6-8 см на день звільнення поля від попередника.

Лушення стерні не тільки поліпшить вологоємність і водопроникність ґрунту, але й запобігає непродуктивному випаровуванню води з поверхні через пори, щілини та капіляри. де лушення стерні проводилося із запізненням або не проводилося взагалі, проводити оранку в літні місяці

практично неможливо через пересихання ґрунту - плуг вивертає великі, зцементовані, пересушені брили. перших дощів ранньої осені.

1.3. Порівняльна оцінка знарядь для обробки ґрунту

У технологіях вирощування сільськогосподарських культур обробіток обґрунтовано є найбільш трудомістким і вимагає найбільшої енергії . На виконання його щорічно припадає 20–25 відсотків трудових витрат і 25–30 відсотків енергетичних витрат господарства [23]. З цієї причини існує значний використаний потенціал для зменшення фінансових, енергетичних і трудових витрат під час загального виробництва сільськогосподарської культури шляхом вибору та обґрунтування найбільш розумних технологічних процесів, технологій, машин і агрегатів для обробки основи. У цій галузі існує багато науково-технічних робіт щодо розробки та розробки конструкцій робочих органів, знарядь, машин і агрегатів для обробітку.

Застосування смугового розпушення ґрунту, також відомого як чизелювання, яке через розпушення та нерозпушені смуги, є кращим методом суцільного розпушення підставу без обертання скиби. Цей метод дозволяє руйнувати ущільнену подошву для проникнення вологи та коріння рослин у нижні горизонти підстави [5]. Одним із недоліків цього методу є те, що якість підрізання коріння бур'янів є низькою через відсутність перекриття ширини захвату розпушувальних робочих органів органів. Це доповнює очищення поля від бур'янів. Кришення верхнього шару обґрунтовано має значну нерівномірність по ширині захвату, що значно ускладнює створення умов сівби, передбачених агротехнікою.

Для вирішення вищезгаданих проблем, а саме: зниження енергомісткості процесу розпушення ґрунту, підвищення якості підрізання коренів бур'янів у верхньому шарі ґрунту та руйнування ущільненої подошви, використовується метод різноглибинної обробки ґрунту, який

виконується в суцільному розпушенні верхнього шару ґрунту на глибині 5-18 см. на всю площину поперечного перетину.

У таблиці 1.1 показано, що плужні знаряддя з плоскорізними робочими органами можуть скоротити витрати палива в 1,5–4,5 рази та енергозатрати в 1,5–4,8 рази.

Таблиця 1.1 - Показники енергетичних затрат різних типів с.г. знарядь

Способи обробітку ґрунту	Затрати	
	палива, л/га	енергії, МДж/га
Розпушення з обертанням скиби ґрунту	19,9	1354,1
Плоскорізний обробіток на глибину, см:		
8...10	4,5	291,1
12...14	5,7	374,7
20...22	8,9	588,0
28...30	13,2	844,4
Розпушення без обертання скиби ґрунту на 28...30см:		
чизелем	14,3	893,1
плугом-розпушувачем	14,0	844,4
ярусним плугом на 35...40см	34,3	2738,7
Обробіток ґрунту комбінованим агрегатом на глибину, см:		
8...10	8,3	667,6
6...7	9,6	588,3

Існують різні системи обробітку обґрунтування та інструменти, які необхідні для їх застосування. Підвищити ефективність обробки та знизити енерговитрати можна за рахунок впровадження диференційованої системи обґрунтообробітку, яка включає нові методи та спеціалізовані інструменти. Це дозволяє зменшити використання оранків на 45–50% оброблюваних площ, що покращує вдосконалення технологій молочної обробки обґрунтування та вдосконалення конструкції робочих органів обґрунтовано оброблених машин.

Основною метою механізованої обробітку є забезпечення високої якості процесу та значне зниження енерговитрат. Важливу частину енергетичних витрат у сільському господарстві становить саме механічна обробка обґрунтування, яка потребує від 40% до 70% загальної енергії.

За використання вітчизняної та імпоротної техніки в однакових умовах різниця у виконанні технологічних операцій практично відсутня. Тому особливу увагу слід приділити вдосконаленню технологій виробництва вітчизняних машин, використовуючи новітні розробки. Головним завданням є створення робочих органів для обробки, які б потребували менше енергії для руйнування обґрунтованих зв'язків. Порівняльний аналіз експлуатаційних та еколого-технологічних показників залежно від способу обробітку подано в таблиці 1.2.

Диференційована система ґрунтообробки - це система методи і підходи до обробітку, що відрізняються за інтенсивністю і глибиною, щоб відповідати особливостям обґрунтувань і потребам культури. В цьому випадку, мілкий обробіток передбачає обробку верхнього шару ґрунту (замість глибокої оранки), яка дозволяє зберегти вологу, зменшити ерозію ґрунту та значно знизити енерговитрати.

Таблиця 1.2 - Основні показники різних методів обробітку ґрунту

Показники	Спосіб обробітку ґрунту (робочий орган)		
	обробіток ґрунту з обертанням скиби (плужний корпус з полицею культурного типу)	обробіток ґрунту без обертання скиби (плоскорізглибо корозпушувач)	поверхневий обробіток ґрунту (сферичний диск борони)
Енергоємність основного обробітку ґрунту під озиму пшеницю, МДж/га	720...860	670...840	200...500
Продуктивність агрегату за 1 годину основного часу, га/год	до 1,2	до 1,8	до 4,9
Середньоквадратичне відхилення поверхні обробленого поля, см	6,5...8,0	4,6...5,0	3,0...4,5
Ступінь підрізання коріння бур'яну, %	90...95	80...90	70...75
Ступінь заробки верхнього шару ґрунту, %	до 100	до 5	20...25

У сучасному землеробстві застосувати широкий асортимент машин і знарядь для обробки обґрунтування. Усі ці машини та знаряддя, які використані в процесі обґрунтованообробітку, можна представити у вигляді структурної схеми (рис. 1.8).

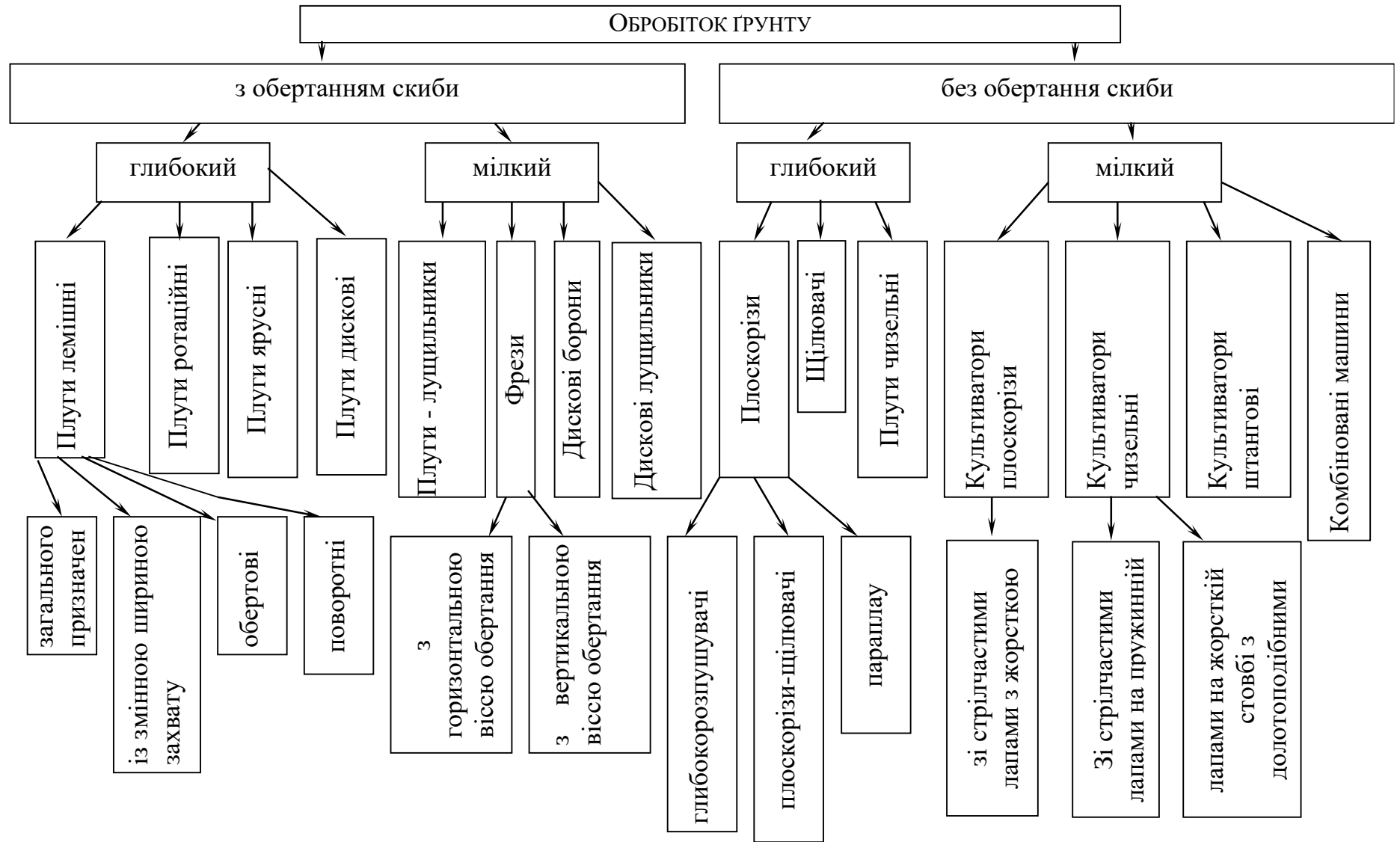


Рисунок 1.8 - Аналіз основних способів обробітку ґрунту

За останні кілька років все більше уваги приділяється зменшенню інтенсивності обробітку, зокрема зменшенню кількості прохідних агрегатів, які проходять через поле. Такі знаряддя включають не менше ніж два різновидів робочих органів, які працюють разом, щоб забезпечити краще виконання технологічних операцій із меншими витратами енергії. такі інструменти використовувати різні комбінації дисків і чизелевих лап.

Висновки за розділом

1. В результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що існує кілька основних видів обробітку ґрунту, кожен з яких має свої особливості та виконується для досягнення певних агротехнічних цілей. Основний обробіток, що включає глибоку оранку, чизелювання або плоскорізний обробіток, триває протягом кількох років або щорічно.

2. Передпосівний обробіток виконується також перед посівом із створенням оптимальних умов для проростання культур, вирівнює поверхню поля, руйнує кірку та контролює ріст бур'янів.

3. Мілкий або поверхневий обробіток збільшується на глибину до 10–12 см для збереження вологи та боротьби з бур'янами. Він забезпечується методом дискування, культивування або боронування. Цей обробіток забезпечує покращення структури верхнього шару ґрунту, сприяє збереженню вологи та зменшує ризик ерозії.

4. Нульовий обробіток або No-till взагалі не передбачає механічного обробітку, а насіння висівають тільки у пожнивних залишках. Цей метод дозволяє зберегти природну структуру ґрунту, запобігає ерозії та накопиченню органічних речовин.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК РОБОЧОГО ОРГАНУ КУЛЬТИВАТОРА

2.1. Аналіз досліджень взаємодії робочих органів сільськогосподарських знарядь з ґрунтом

Під час сівби сільськогосподарських культур необхідно підвищити параметри ґрунту, такі як щільність, твердість і пористість, до оптимальних рівнів [1, 6]. Будь-яке ґрунтообробне знаряддя має клин, або схожу форму. Клин розділяє ґрунт на окремі частини під час розпушення, переміщуючи їх як горизонтально, так і вертикально, що є основою його взаємодії з ґрунтом. З цієї причини створюється кілька питань: встановлення мінімальної кількості енергії, необхідної для розпушування ґрунтового середовища до необхідного фракційного складу; обґрунтувати відстань, на якій елемент ґрунтового середовища необхідно змістити. Така деталізація дозволить ефективніше використовувати енергетичні ресурси й забезпечити стабільні умови для успішного розвитку культури.

В.П. Горячкін був основоположником землеробської механіки, який розробив теорію взаємодії клина з ґрунтом [3]. Він був першим, хто розкрив основні принципи руйнування ґрунту клином. Він продемонстрував, що основний процес взаємодії клина з ґрунтом виявляється в стиску частинок боковими гранями клина, що призводить до утворення тріщин у напрямку руху клина. є два етапи цього процесу. Перший передбачає поступову зміну ґрунту поверхнями клина під час його руху в обґрунтованому середовищі, що збільшує ущільнення та кількість ущільнювальних елементів. Другий етап передбачає зсув по площі, сколювання після досягнення максимального напруження з поступовим їх зниженням.

Створення нових робочих органів, які відповідають агровимогам вирощування сільськогосподарських культур, призвело до швидкого поширення протиерозійної технології вирощування сільськогосподарських культур, яка використовує обробіток ґрунту без обертання скиби. Під час

використання машин були виявлені дефекти даних робочих органів. Це призвело до того, що робочі органи, які зараз використовують, були удосконалені. Зсув обґрунтовано є одним із типових явищ під час роботи плоскорізних робочих органів.

В.А. Ксендзов [8] продовжує дослідження розрахунку зусилля опору переміщення клина. Основну увагу автора приділено методу визначення невідомих реакцій зв'язків на відрізанні скиби на робочій поверхні двогранного клина, а також тягового зусилля останнього.

Рівняння рівноваги використовувалися для визначення задачі, яку вивчав автор (рис. 2.1). Автор запропонував рівняння тягового зусилля клина, щоб розв'язати рівняння рівноваги:

$$P = \left[G \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + D \right] \cdot \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos\left(\varphi + \frac{\beta}{2}\right)}, \quad (2.1)$$

де G – вага скиби;

D – динамічний тиск, що створює скиба;

φ – кут тертя ґрунту об поверхню робочого органа;

β – кут атаки клином.

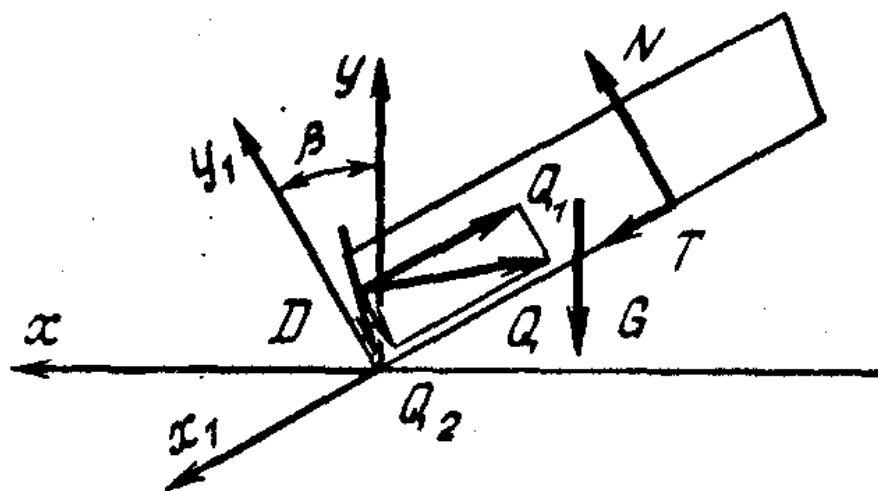


Рисунок 2.1 - Схема взаємодії клина з ґрунтом В.А. Ксендзова

Розглядаючи схеми руйнування пухкого обґрунтування робочим органом, академік В.О. Желігівський запропонував застосування зсуви в шарах залежно від швидкості деформації зміною підстави в нижніх і верхніх шарах.

В.І. Ветохін провів дослідження процесу кришення обґрунтування та запропонував дві моделі. Автор стверджує, що можна пояснити кришення скиби по всій товщині при висоті клина значно меншої за товщину скиби та зробити якісні та кілька висновків, які відповідають практиці. Для спрощення розуміння процесу кришення скиби автор розбиває повздовжній перетин на елементи, які мають сторони паралельні до поверхні, яка може відокремити скибу від моноліту, а розмір цих елементів дорівнює довжині шляху S , який проходить скибу по поверхні клина до моменту, коли елемент скиби відокремлений (рис. 2.1). Висота підймання скиби по клину становитиме $Dh = S \sin b$.

Первинна модель дозволяє скибі обертатися навколо вершини без зміни форми елементів . В цьому випадку ковзання по ребру cd елемента $acde$ відбувається аж до розриву ребра, що перевищує межу міцності ґрунту на зсув і розтяг [10], [18], [19].

У цій моделі показано, що пористість шару ґрунту значно збільшується під час кришення. З іншого боку , збільшення параметра в реальному житті збільшується як збільшення глибини заробітку до розміру розпушеного шару після заробітку, яке становить 0,1–0,3, що дуже близько до теоретичних значень, отриманих під час розрахунків.

У другій моделі використовується перетворення форми елемента скиби $acde$. У цьому випадку всі елементи ребра використовуються для зсування . Така модель більше відповідає умовам, коли ґрунт деформується, перебуваючи в пластично-в'язкому стані.

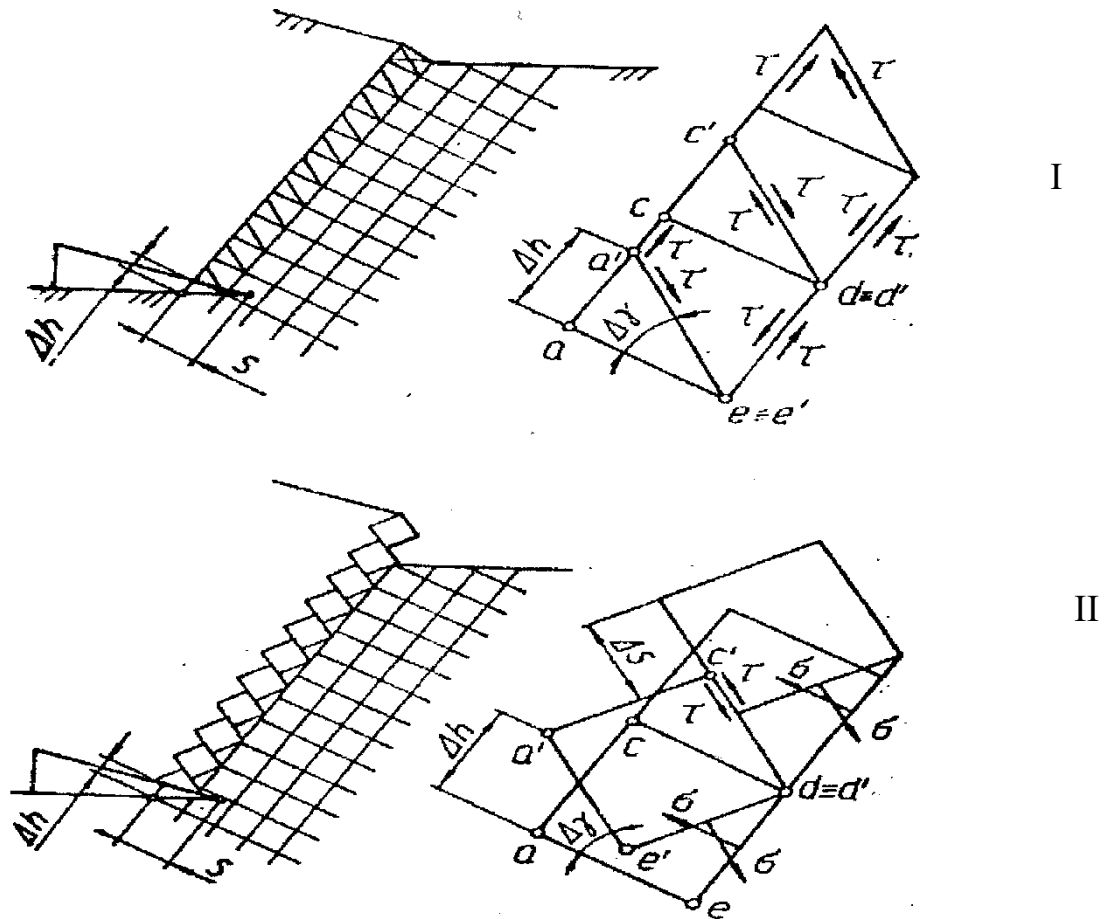


Рисунок 2.2 - Схема кришення ґрунту

А.С. Кушнар'ов вважає обґрунтуванням як квазіоднорозне суцільне середовище, яке деформується під впливом факторів, таких як вид, стан, швидкість та умови деформації [9]. Автори запропонували наступну систему рівнянь:

$$\frac{d\gamma_{ij}}{dt} = \frac{\tau_{ij}}{\eta_1(\rho)} + \frac{1}{G_1(\rho)} \cdot \frac{d\tau_{ij}}{dt}, \text{ при } \tau_{ij} < \tau \quad (2.2)$$

$$\frac{d\gamma_{ij}}{dt} = \frac{\tau_{ij}}{\eta_1(\rho)} + \frac{G_1(\rho) + G(\rho)}{G_1(\rho) \cdot G(\rho)} \cdot \frac{\tau_{ij}}{dt} + \frac{\tau_{ij} - \tau_s}{\eta_2(\rho)} \quad (2.3)$$

Враховуючи, що $\tau_{ij} \geq \tau_s$

$$\frac{d\varepsilon_{ij}}{dt} = \frac{1}{E(\rho)} \cdot \frac{d\sigma_{ij}}{dt} + \frac{\sigma_{ij}}{\mu(\rho)} \quad (2.4)$$

$$\rho = \rho_0 + B \cdot l_n \cdot [\sigma_m \cdot (1 + \tau_{\max})],$$

де γ_{ij} – кутові деформації скиби ґрунту;

t – час деформації скиби ґрунту;

τ_{ij} – дотичні напруження скиби ґрунту;

$\eta_1(\rho)$ і $\eta_2(\rho)$ – зміна в'язкості зсуву в різних фазах деформації скиби ґрунту;

$G_1(\rho)$; $G_2(\rho)$ – модуль зсуву в різних фазах деформації скиби ґрунту;

$E(\rho)$ – модуль пружності ґрунту;

ρ - отримана в процесі деформації щільність ґрунту;

ρ_0 – початкове значення щільності ґрунту;

Дану модель можна використовувати для розрахунку органів ущільнюючою робочою формою, таких як катки та інші ґрунтообробні машини, а також органів з пружною робочою підвіскою.

Я.С. Гуков виявив у своїх дослідженнях, що при взаємодії кліна з обґрунтуванням об'єму зім'ятого обґрунтування пропорційні витрати енергії, необхідні для розпушування обґрунтування. Для забезпечення необхідної жорсткості робочих органів і надійності технологічного процесу необхідно використовувати клини з мінімальним кутом різання (8-10).

Використовуючи системний підхід для дослідження впливу дій робочих органів ґрунтообробних знарядь на стан кореневмісного шару родючого шару (КМШГ) під час різних способів обробітку підстави та закономірностей зняття ґрунту за допомогою параметрів клина, розроблено механіко-технологічне обґрунтування засобів механізації обробітку підставу в умовах України, щоб забезпечити підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур. Для підвищення ефективності використання тракторів були розроблені стандарти та принципи формування комплексів обробних знарядь для класів тракторів, які використовуються в країні.

Мілке розпушення ґрунту на глибину до 16 см також можна виконувати за допомогою дискових борон та інших інструментів, зокрема важких та середніх культиваторів. Хоча культиватори мають меншу продуктивність, вони набагато краще сприяють затриманню вологи в

посушливий період, менше розпилюють структуру ґрунту і забезпечують вищу протиерозійну стійкість поверхні ґрунту. Утворення вирівняного дна борозни, що служить основою для передпосівного обробітку та формування передпосівного ложе, є єдиним з основних переваг культиваторів для молочного розпушення підставою над дисковими боронами. Таким чином, стрілчата лапи потенційно може бути робочим органом ґрунтообробних знарядь. Поки що в Україні майже не випускаються інструменти, необхідні для виконання такого типу обробітку. Отже, було поставлено завдання створити подібні робочі органи з огляду на ґрунтово-кліматичні умови України [12], [19].

2.2. Розрахунок геометричних розмірів робочого органу культиватора

При догляді за парами та передпосівним обробітком ґрунту лапові культиватори застосовуються для розпушення та знищення бур'янів. Культиватори, призначені для суцільного обробітку ґрунту, комплектуються розпушуючими та полольними лапами. Такі лапи знищують бур'яни шляхом горизонтального перерізання коренів на глибині 6-10 см від поверхні [18].

Стрілчаста лапа є основним робочим органом польових культиваторів і розпушувачів. Однобічні лапи, які можуть бути право- або ліворіжними, призначені для міжрядного обробітку.

Однобічні лапи можуть бути різних розмірів (85, 120, 150, 155, 250 мм) із врахуванням стандартних міжрядь для виробництва технічних культур: 30 см для овочевих культур, 45-60 см для буряка, 60, 70 і 90 см для кукурудзи та картоплі.

Як основний робочий орган польовий культиватор-розпушувач використовує стрілчасту лапу або лапу-бритву з мінімальним кутом різання. Основними характеристиками розміру та форми стрілчастої лапи є ширина захвату B , кут атаки 2 град, кут кришення α , товщина лапи S і кут загострення.

Для стрілкової лапи приймаються наступні параметри : кут різання $\alpha = 5\text{--}10$ градусів; кут атаки = $55\text{--}60$ градусів; висота підйому скиби $h = 24\text{--}32$ міліметрів; і робоча ширина захвату $B_r = 300$ міліметрів (рис. 2.3).

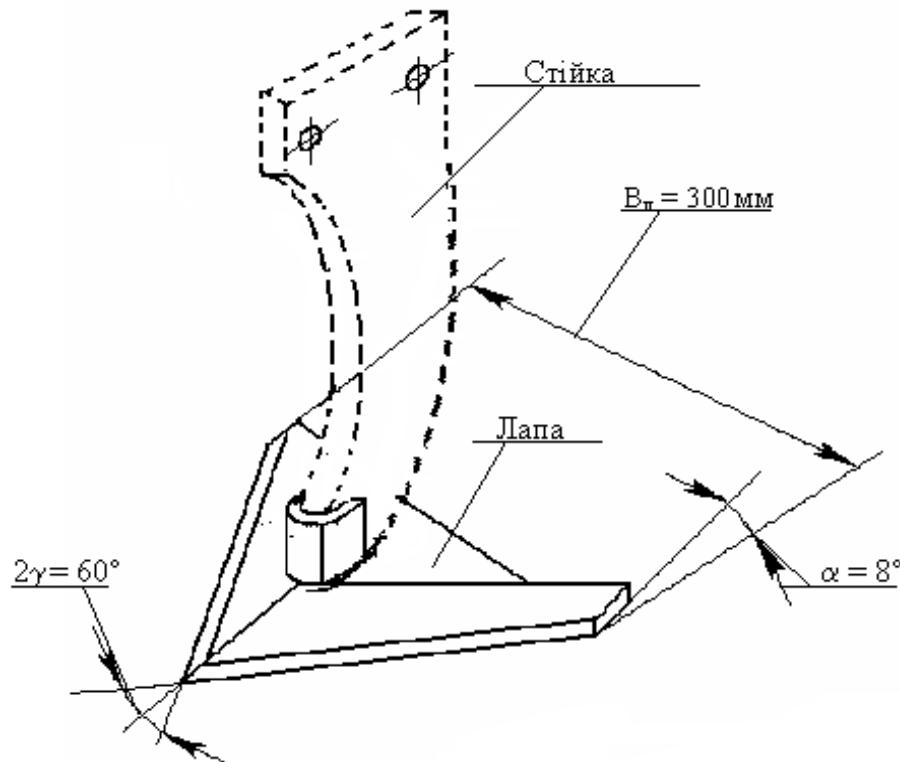


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема лапи культиватора

Кут при вершині лапи γ був обраний таким чином, щоб бур'яни зрізались різанням з одночасним ковзанням, а перерізані корені зрізаного бур'яну ковзали повз леза без зупинки. Обволікання леза відбувається, якщо ця умова самозаклинування не виконується. Стеблини і корені бур'янів, які перегнулися на лезі і утримувалися силою тертя, накопичуються на крилах лап, що заважає лапам підрізати бур'яни та вигубляються з ґрунту [6].

Ширина крила лапи на початку b_1 становить 40 мм, а на кінці b_2 - 26 мм, а товщина лапи - 6 мм. Це було зроблено з вимогою характеристики матеріалу, глибини обробітку обґрунтування та кута загострення $i = 12$ град, щоб мінімізувати зміщення обґрунтування вбік.

2.3. Обґрунтування технологічної ефективності роботи культиватора для мілкої обробітки ґрунту

Висока якість передпосівного обробітку ґрунту повинна відповідати вимогам і стандартам, необхідним для його виконання. Насамперед результатом цієї операції має бути дрібногрудкуватий посівний шар, який повністю осідає і зберігає вологу. Це дозволяє забезпечити високу схожість розчину та сприятливий фітосанітарний стан поля. Після завершення процесу обробітку ґрунт має бути чистим від бур'янів, мати оптимальну якість води та повітря, достатню температуру та оптимальний поживний режим для рослин відповідно до їх біологічних особливостей. Габарити передпосівної культури повинні відповідати зазначеній глибині загортання вмісту та бути рівномірними (відхилення середньоквадратичного розміру не більше 1 см).

Насінневе ложе повинно бути ущільнене, а посівний шар має бути пухким і дрібногрудкуватим. Грудки діаметром до 10 мм повинні становити приблизно 80%. Якісні показники передпосівної обробітку ґрунту включають вирівнювання ґрунтової поверхні (гребенистість не повинна перевищувати 3 см плюс-мінус), повне підрізання рослин бур'янів і фактично забивання коренів і рослинних рештків.

Існує капілярний зв'язок між нижнім зволуженим шаром і верхнім зволуженим шаром, встановлений на поверхні ґрунту дрібногрудкуватого шару запобігає випаровуванню вологи . Комбіновані передпосівні агрегати та культиватори з вузькими стрілочастими лопатями є найкращими знаряддями для передпосівного обробітку ґрунту. Ці ознаки можуть невелико і рівномірно розпушувати ґрунт, знищуючи сходи та рослини бур'янів. На важких і зволужених ділянках потрібна глибша культивація для передпосівної обробітку з розпушувальними лапами.

Комбіновані передпосівні агрегати та культиватори з вузькими стрілочастими лопатами є найкращими знаряддями для передпосівного

обробітку ґрунту. Ці ознаки можуть невелико і рівномірно розпушувати ґрунт, знищуючи сходи та рослини бур'янів. На важких і зволжених ділянках потрібна глибша культивуація для передпосівної обробітку з розпушувальними лапами. У міру досягнення ґрунту на окремих ділянках поля розпушування під кутом до зяблевого обробітку. Для забезпечення цього широкі транспортні засоби, які не дуже глибоких колій і менш ущільнюють ґрунт.

Під ранні ярі культури ґрунт обробляють один раз. Під пізні культури обробляють два рази: перший — на більшу глибину (приблизно в ті самі строки, що й під ранні ярі культури), а другий — на глибину висіву перед сівбою. Ґрунт обробляється після кожної культури, як для ранніх, так і для пізніх культур. Середньопосівну культивуацію здійснюють на глибині 8–10 см у місцях із достатнім зволоженням хребта на малоструктурних хребтах, які запливають. Крім того, у місцях де навесні ґрунт сильно ущільнюється і де сильніше зволоження є розширеним, глибина передпосівної обробки може досягати 12 см і більше, за допомогою культиваторів та куців.

Культиватори мілкою обробітку застосовують на глибину 8...12 см [18], [19]. При цьому ступінь подрібнення ґрунту, виходячи з пропонованих параметрів стрілкової лапи можна розрахувати:

$$i = \frac{l}{i_0} \cdot \left(\frac{2 \cdot K_1 \cdot E_v}{G^2} + 1 \right), \quad (2.5)$$

де i_0 – вихідна ступінь кришення ґрунту з попереднього обробітку.

Найчастіше початкові параметри $i_0 = i_{1n} \cdot i_{1\sigma} = 4,5 \dots 10$, тоді як i_{1n} – ступінь кришення після проходу плуга;

$i_{1\sigma}$ – ступінь кришення після проходу борони;

K_1 – питомий опір переміщення стрілкової лапи під час кришення ґрунту, кН/м²;

E_v – модуль пружності ґрунту, кН/м²;

Використовуючи формулу, яку далі буде виведено, ми можемо застосувати питомий опір рихленню стрілочатої лапи в режимі блокування без врахування ступеня ковзання. Враховуючи, що $\epsilon_3 = 0,66$, тоді

$$\epsilon = 0,66 \cdot \left(\epsilon_{\text{л}} \cdot \frac{2 \cdot \Delta a \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha_p} \right),$$

де ϵ – ширина обробітку лапою культиватора, м;

$\epsilon_{\text{л}}$ – поперечна ширина лапи, м;

α – кут лапи, град.;

α_p – кут атаки лапи, град.;

Δa – висота підйому ґрунту по лапі, м; $\Delta a = 0,03 \dots 0,05$ м;

$$K_1 = \frac{P_{p1}}{\epsilon \cdot a} \quad (\text{за умови, що } a \leq \Delta a).$$

$$\begin{aligned} K_1 = & 0,66 \cdot C_{y\theta} \left[\frac{a \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\left(\epsilon_{\text{л}} - \frac{2 \cdot \Delta a \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha_p} \right) \cdot \cos(\alpha_p + \varphi_2)} + 1 \right] \cdot \operatorname{tg}(\alpha_p + \varphi_2) + \\ & + 4,9 \cdot a \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \cdot \gamma \cdot \left[\sin \varphi_2 + \cos(\alpha_p - \varphi_2) \cdot \cos \alpha_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \right] + \\ & + \frac{3 \cdot a}{\left(\epsilon_{\text{л}} - \frac{2 \cdot \Delta a \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sin \alpha_p} \right)} \cdot \left\{ 0,5 \cdot C_{y\theta} \left[\operatorname{tg}(\alpha_p + \varphi_2) + \operatorname{ctg} \alpha_p \right] \cdot \left[\frac{0,66 \cdot \operatorname{ctg} \varphi_2}{\cos(\alpha_p + \varphi_2)} \right] \right\} \times \\ & \times \operatorname{tg} \varphi_1 + K'(Z + \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot X) \cdot \frac{1}{a} + \frac{9,81}{g} \cdot \gamma \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2, \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$\text{де } \delta_p = \frac{0,66 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_p - \theta)}{\sin \alpha_p}.$$

Для наступних умов $\alpha_p = 30^\circ$; $\alpha = 30^\circ$; $\theta = 10^\circ$; $\varphi_2 = 30^\circ$;

$$\delta_p = \frac{0,66 \cdot \operatorname{tg}(30^\circ - 10^\circ)}{\sin 30^\circ} = 0,374a; \quad (2.7)$$

$$K_1 = 1,14 \cdot C_{y0} \left(\frac{3,464 \cdot a}{\epsilon_a - 2,3\Delta a} + 1 \right) + 1,38 \cdot a \cdot \gamma + \frac{1,2 \cdot a}{(\epsilon_a - 2,3\Delta a)} \cdot \times \quad (2.7)$$

$$\times (4,0 \cdot C_{y0} + 0,3a \cdot \gamma) + K'(Z + 0,4 \cdot X) \cdot \frac{1}{a} + 7,48 \cdot \gamma \cdot \frac{V^2}{g},$$

Встановлені за допомогою попередніх експериментальних досліджень фізико-механічні властивості ґрунту з використанням приладу Проктора, у якому використовується два циліндра діаметром 150 мм і 250 мм. При чому кожен циліндр має штамп удвічі меншого діаметра.

Це дозволяє краще ущільнити пробу ґрунту, після чого під час удару частини ґрунту переміщуються як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку, що призводить до більш щільного їх взаєморозташування. Використання ударника з пружиною дозволяє оператору не впливати на пробу ґрунту в момент удару. Реактивний момент, який виникає під час удару, компенсує силу, з якою оператор тисне на ударник.

Визначаємо ступінь кришення ґрунту до наступного значення $i_0 = 3,88$ за наступних фізико-механічних властивостей ґрунту:

- застосована кількість ударів відбірника щільноміра $C_y = 3,0$;
- кут внутрішнього тертя ґрунту $\varphi_2 = 30^\circ$;
- кут зовнішнього тертя ґрунту $\varphi_1 = 22^\circ$;
- об'ємна насипна маса ґрунту $\gamma = 1,4 \text{ т/м}^3$;
- питома маса ґрунту $\Delta = 1,75 \text{ т/м}^3$.

Для заданих агротехнічних вимог під час мілкої обробітки ґрунту швидкість руху культиватора становитиме $V = 2 \text{ м/с}$. Глибина обробітки лапою культиватора становитиме $\alpha = 0,1 \text{ м}$. Параметри лапи: ширина лапи $0,33 \text{ м}$; кут розкосу ріжучих твірних лапи $2\alpha = 60^\circ$; $\theta = 10^\circ$; кут нахилу твірних лапи для кришення ґрунту $\alpha_p = 30^\circ$; загострення кромки $X=Z=0,001 \text{ м}$.

1. Питоме зчеплення частинок $C_{y0} = 0,5 \text{ кН/м}^2$ визначається відповідно до кількості ударів щільноміра (в даному випадку $C_y = 3,0$) й на

основі цих значень визначаємо і граничну несівне властивість ґрунту. Використовуючи довідкові таблиці $K' = 250 \text{ кН/м}^2$.

2. Встановимо вихідні геометричні параметри агрегату:

$$D_{\kappa 50H} = \frac{\sqrt[3]{a \cdot v \cdot K_L}}{i_0} = \frac{\sqrt[3]{0,1 \cdot 0,154 \cdot 1,0}}{3,88} = 0,064 \text{ м.}$$

$$\text{Звідси } v_3 = 0,66 \cdot \left(0,33 - \frac{2 \cdot 0,042 \cdot 0,577}{\sin 30^\circ} \right) = 0,154 \text{ м.}$$

3. Використовуючи довідкові таблиці встановимо модуль пружності для суцільного середовища ґрунту за умови $C_v = 3,0$:

$$E_V = 24,0 \cdot 10^3 \text{ кН/м}^2.$$

4. Гранична висота підймання та падіння пласта ґрунту становитиме:

$$\Delta a = \frac{v_l \cdot \sin \alpha - 2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{0,33 \cdot \sin 30^\circ - 2 \cdot 0,1 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ}{2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} = 0,042 \text{ м.}$$

5. Питомий опір розпушуванню під час переміщення лапи із заданими параметрами становитиме:

$$K_1 = 1,14 \cdot 0,5 \left(\frac{3,464 \cdot 0,1}{0,33 - 2,3 \cdot 0,042} + 1 \right) + 1,38 \cdot 0,1 \cdot 1,4 + \frac{1,2 \cdot 0,1}{(0,33 - 2,3 \cdot 0,042)} \cdot \times \\ \times (4,0 \cdot 0,5 + 0,3 \cdot 0,1 \cdot 1,4) + 250(0,001 + 0,4 \cdot 0,001) \cdot \frac{1}{0,1} + 7,48 \cdot 1,4 \cdot \frac{2^2}{9,81} = 11,9 \text{ кН/м}^2$$

6. Внутрішній напружено-деформований стан ґрунту під час роботи агрегату розмірами $D_{\kappa 50H} = 0,064 \text{ м}$:

$$G = \frac{1}{2 \cdot D \cdot \cos(\alpha_P + \kappa_2) \cdot K_L} + \sqrt{\frac{1}{4 \cdot D^2 \cdot \cos^2(\alpha_P + \kappa_2) \cdot K_L^2} + \frac{2 \cdot K_1 \cdot E_V}{\cos(\alpha_P + \kappa_2) \cdot K_L}} = \\ = \frac{1}{2 \cdot (-4,36 \cdot 10^{-4}) \cdot \cos(30^\circ + 30^\circ) \cdot 1,0} + \\ + \sqrt{\frac{1}{4 \cdot (-4,36 \cdot 10^{-4})^2 \cdot \cos^2(30^\circ + 30^\circ) \cdot 1,0^2} + \frac{2 \cdot 11,9 \cdot 24 \cdot 10^3}{\cos(30^\circ + 30^\circ) \cdot 1,0}} = 240,3 \text{ кН/м}^2;$$

$$\begin{aligned}
D &= \frac{9,81 \cdot \pi \cdot d_{50c}^3 \cdot \Delta (1 - \cos \alpha_0)}{6 \cdot \sin \alpha_0} \cdot \left[K_3 - K_4 \left(A_1 + \frac{C_{y0}}{0,25 \cdot \gamma} \cdot t_2 \right) \right] \times \\
&\times \left[d_{50c} (1 + 2 \cdot \sin \alpha_0) + D_{\kappa 50H} \right] = \frac{9,81 \cdot 3,14 \cdot 0,001^3 \cdot 1,75 (1 - \cos 50^\circ)}{6 \cdot \sin 50^\circ} \times \\
&\times \left[137081,24 - 71603,34 \cdot \left(4,6 + \frac{0,5}{0,25 \cdot 1,4} \cdot 3,6 \right) \right] \times \\
&\times [0,001(1 + 2 \cdot \sin 50^\circ) + 0,064] = -4,36 \cdot 10^{-4} \text{ м/кН},
\end{aligned}$$

де $d_{50c} = 0,001 \text{ м}$; $\alpha_0 = 50^\circ$; $A_1 = 4,6$; $\epsilon_0 = 0,227$; $a_0 = 0,21$; $\mu = 0,814$; $t_2 = 3,6$.

$$\begin{aligned}
n_{кр} &= \frac{\lg \left\{ 3 \cdot \gamma \cdot \mu \cdot 9,81 \cdot \left[\pi^3 \cdot d_{50c}^5 (9,81 \cdot \Delta)^3 \cdot D_{\kappa 50H}^2 \right]^{-1} \right\}}{a_0 + 2 \cdot \epsilon_0} = \\
&= \frac{\lg \left\{ 3 \cdot 1,4 \cdot 0,814 \cdot 9,81 \cdot \left[3,14^3 \cdot 0,001^5 (9,81 \cdot 1,75)^3 \cdot 0,064^2 \right]^{-1} \right\}}{0,21 + 2 \cdot 0,227} = 20,66;
\end{aligned}$$

$$K_3 = 2,8 \cdot 10^{(n_{кр}-3)\epsilon_0} = 2,8 \cdot 10^{(20,66-3)0,227} = 137081,24;$$

$$K_4 = 2,8 \cdot 10^{(n_{кр}-3)\epsilon_0} + 2,5 \cdot 10^{(n_{кр}-2)\epsilon_0} = 2,8 \cdot 10^{(20,66-3)0,227} + 2,5 \cdot 10^{(20,66-2)0,227} = 71603,34;$$

7. Ступінь кришення ґрунту лапою становитиме:

$$i_1 = \frac{1}{3,88} \left(\frac{2 \cdot 11,9 \cdot 24 \cdot 10^3}{(240,3)^2} \right) = 2,8.$$

8. Розмір частинок ґрунту після проходу лапи культиватора: вигляді:

$$D_{\kappa 50\kappa} = \frac{D_{\kappa 50H}}{i_1} = \frac{0,064}{2,8} = 0,023 \text{ м}.$$

Висновки за розділом

1. Культиватори, призначені для суцільного обробітку ґрунту, оснащені полольними та розпушуючими лапами. Подольні лапи знищують бур'яни, перерізаючи коріння на глибину від шести до десяти сантиметрів. Ширина захвату B , кут атаки 2γ , кут кришення α , ширина на початку b_1 і кінці крила b_2 лапи, товщина лапи S і кут загострення i є характеристиками розмірів і форми стрілкової лапи.

3. Під час теоретичних розрахунків було встановлено наступні геометричні параметри стрілкової лапи культиватора:

- оптимальна робоча ширина захвату лапою $B_d=300\text{мм}$;
- оптимальний кут різання знаходиться в межах $\alpha = 6^\circ \dots 12^\circ$;
- діапазон значень кута атаки перебуває в межах $2\gamma = 55^\circ \dots 60^\circ$; тоді як висота підйому пласта ґрунту h знаходиться в межах 25...30 мм; 3.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Шляхи удосконалення машин для суцільного обробітку ґрунту

При розробці нових конструкцій робочих органів широко використовуються принципи теоретичної механіки, а також принципи та методи досліджень суцільних середовищ. Основним предметом теоретичних досліджень є вирішення проблеми руйнування структури ґрунтового середовища. Однак, менша увага приділяється зниженню енергоємності обробітку на основі встановлених силових закономірностей взаємодії робочих органів та форми робочих органів й корелюється з показниками якості роботи. В.П. Горячкін [14] був першим дослідником геометричних параметрів ґрунтообробних робочих органів. У його дослідженнях найповніше й чітко відображено кути встановлення носка та долота до дна борозни, а також намічено шляхи обґрунтування форми робочих органів.

Такі вчені-дослідники в галузі землеробської механіки, як В. О. Желиговський, П. М. Василенко, А. С. Кушнар'ов, також внесли значний внесок у вивчення цього питання та запропонували метод визначення показників стану ґрунтового середовища.

Суть запропонованих методів полягає в тому, щоб розрахувати показники стану ґрунтового середовища в період взаємодії механічного обробітку та продемонструвати загальну характеристику міцності з точки зору його. За допомогою цієї методики авторства В.П. Горячкіна виведено оптимальні форми поверхонь розпушувальних лап машин для безполицевого обробітку ґрунту для трьох типів твірної та направляючої кривої основи поверхні: прямої, випуклої та увігнутої.

Академік П. М. Василенко розробив аналітичні методи проектування геометрії ґрунтообробних органів [10], [16], що призвело до значного

прогресу в обґрунтуванні форми робочих органів. Ці методи базуються на варіаційному обчисленні.

Досліджуючи сили, що діють на ніж, яка підрізає скибу, було встановлено, що рівномірність розподілу тиску на лезо є основним фактором, який визначає величину опору та форму ножа, що підрізає скибу. Автор робить теоретичний висновок про те, що ніж з прямолінійним лезом має найменший опір під час підрізання шару обґрунтування на малозв'язному піщаному обґрунтуванні, коли нормальний тиск є постійним при тривалості леза. Крім того, криволінійна форма леза ножа типу логарифмічної кривої зменшує опір під час роботи ножа на важких підставах.

Проблема покращення ґрунтообробних машин поділяється на складові напрямки, які стосуються форми та характеристики окремих пасивних компонентів робочих органів ґрунтообробних машин. Узагальнюючи теоретичні та експериментальні дослідження, проведені з цього питання, слід зазначити, що в базі досліджень форма та геометричні параметри, пов'язані із силовою дією на ґрунт.

Технологія землеробства великої міри залежить від реалізації технічних засобів. Технологія смугової обробки ґрунту — це комплексне рішення, яке дозволяє зберегти родючість ґрунту та підвищити якість заробітної плати просапних культур. На сьогодні високотехнологічні знаряддя, які виробляються за технологією strip-till, є дуже привабливими, а їх використання є одним із кроків для збереження обґрунтованих ресурсів.

Культиватори є інструментами для смугової обробки ґрунту, які можна використовувати замість енергоємного процесу оранки. Знаряддя для смугової обробки включають основу, перш за все, культиватор із жорсткою рамою, робочими частинами, системою каналів для внесення твердих гранульованих, рідких мінеральних добрив, а іноді і рідких органічних добрив. Використання системи шляхової навігації є важливою частиною технології, тому не можна допустити відхилення в процесі сівби в рядки.

Рама культиватора для екстремальних умов і високих швидкостей містить паралелограмний механізм, який зменшує навантаження на робочі поверхні, забезпечує довговічність конструкції за рахунок зберігання постійної глибини обробітку з урахуванням мінливості рельєфу. Паралелограмний механізм фіксує робочу секцію культиватора, яка, як правило, складається з приблизно однакових робочих органів, що відрізняються за формою та конструктивними характеристиками залежно від ґрунтово-кліматичних умов, у яких проводяться обробіток ґрунту. Кожна секція такого культиватора містить наступні робочі органи:

- Передній диск розрізняє щільну кірку поверхні ґрунту, утворену справжніми механічними операціями та впливом природно-кліматичних факторів. Таким чином, диск зменшує напругу на поверхні землі. Це дозволяє зменшувати тяговий опір.
- Механізм для чищення рядків Цей пристрій використовується для видалення рослинних залишків і обробки смуги, які мають певну твердість і міцність.
- Після видалення рослинних залишків у центрі смуги розпушувальна лапа є наступним компонентом конструкції секції. Обробка замінює відвальну оранку плугом. Крім того, розпушувач оснащений насінне- та тукопроводами для внесення добрив.
- Бічні диски використовують для нарізання смуги заданої ширини. Це обмежує зону обробки ґрунту, а також поперечної деформації ґрунту, зменшуючи тяговий опір машини.
- Прикочувальний каток — це робочий орган, який обертається, закріплений позаду частин культиватора і виконує завдання прикочування, подрібнення та вирівнювання ґрунту в зоні оброблюваної смуги. Прикочувальний каток може мати різні форми, наприклад голчасті диски, гладкі циліндричні форми та інші (рис. 3.1).

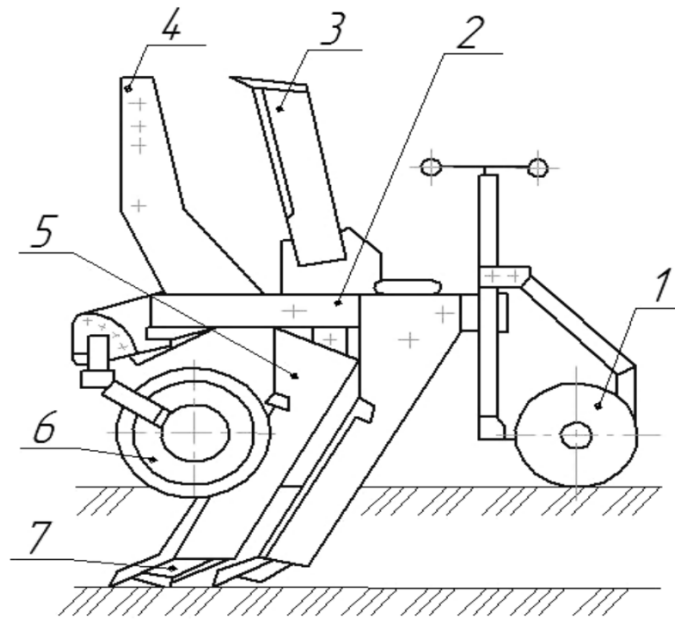


Рисунок 3.1 – Секція культиватора для смугової обробки ґрунту

Робоча секція містить каток 1, трьох точкову навіску 2, навісну раму 3, механізм регулювання глибини 4, право- та лівосторонні лапи 6, 7. Паралелограмний механізм в даному культиваторі відсутній, через що значно знижується ефективність його роботи [12], [17], [25].

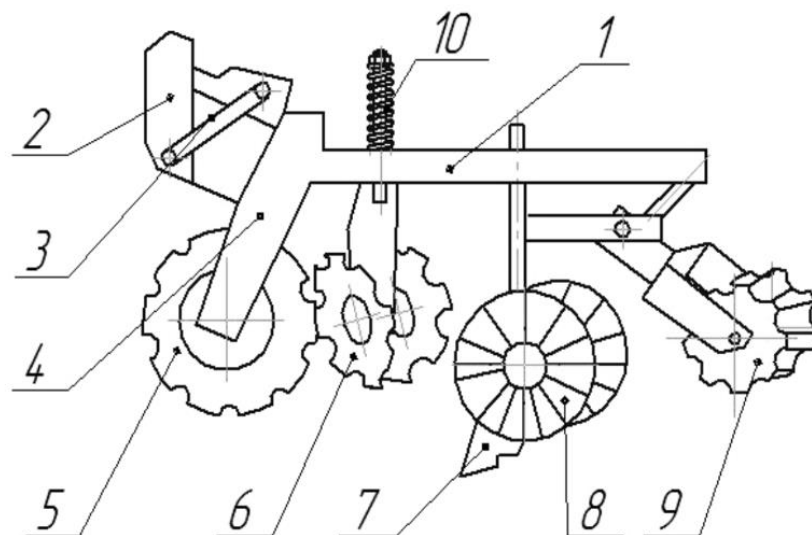


Рисунок 3.2 – Секція для смугової обробки ґрунту Carter

Тип кріплення дисків 5 до рами 1 є кардинально іншим порівняно з конструкцією робочої секції, показаної на рисунку 3.2, а також різниться формою котка, що прикочує ґрунт. Щільник є основним інструментом для

внесення добрив і розпушування. Під час процесу обробки наявне в ньому тукопровід малого діаметра, забезпечує внесення мінеральних добрив на двох рівнях.

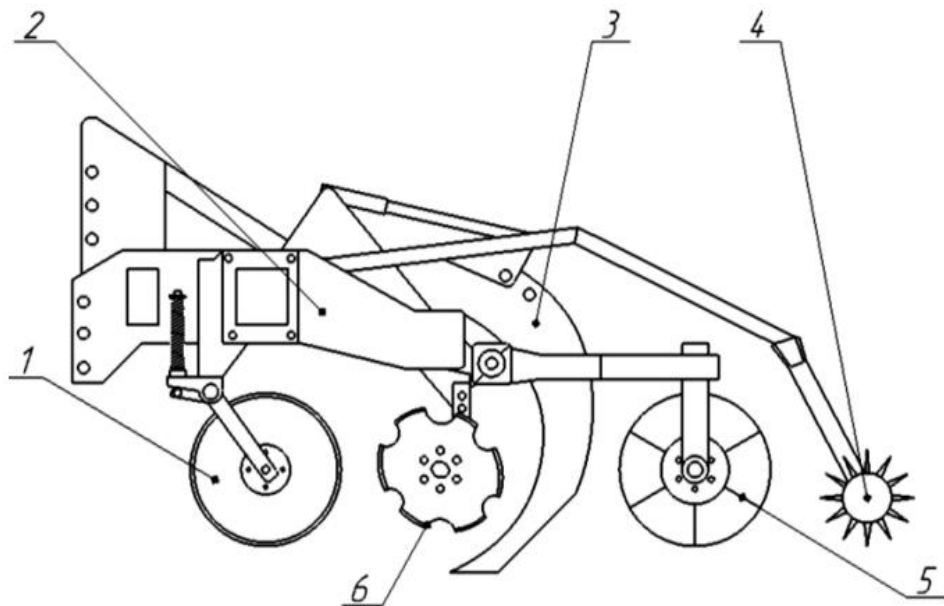
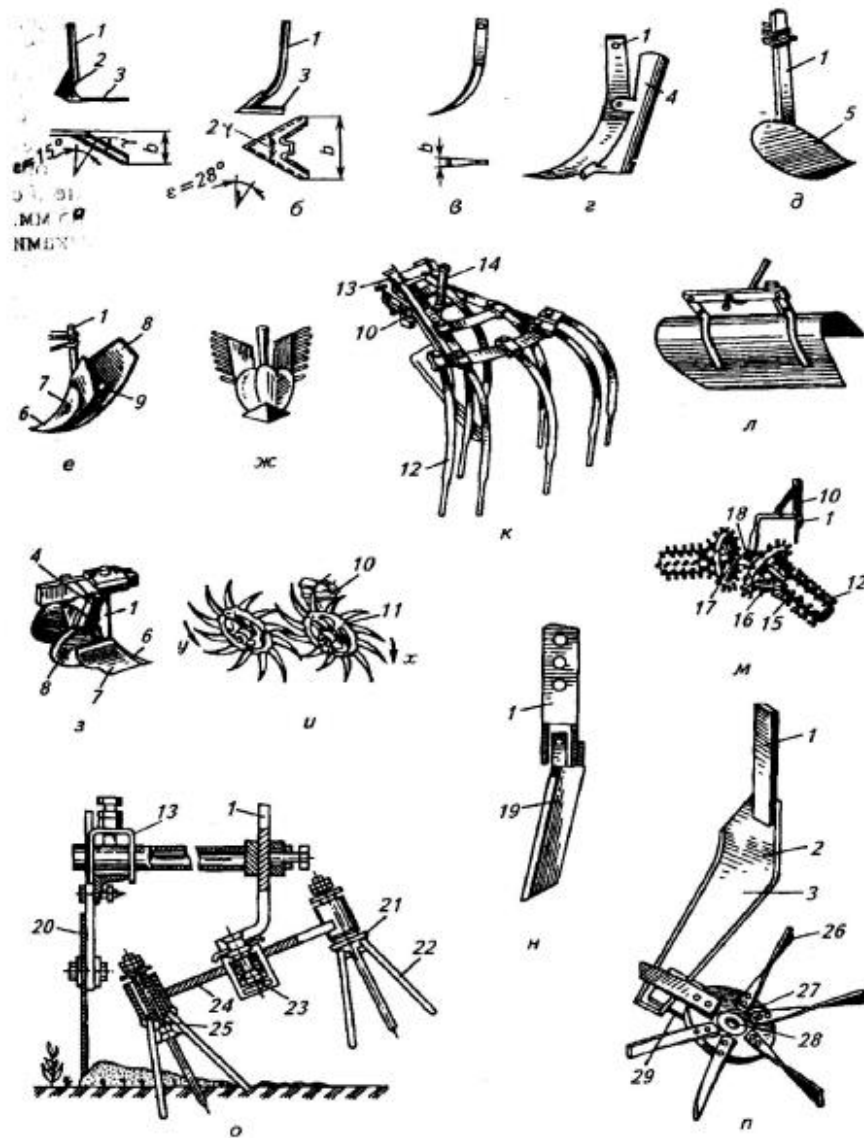


Рисунок 3.3 – Секція глибокорозпушувача

Глибокорозпушувач ALPHA II призначений для глибокого розпушування ґрунту на глибину до 30-50 см. Він ефективний для руйнування плужної підшви, покращення дренажу ґрунту та забезпечення кращого доступу кисню й вологи до кореневої системи рослин. Ширина захвату - 2,5–4,5 м; робоча глибина - 45-50 см; кількість стійок - 5–9, залежно від ширини захвату, відстань між стійками - 50–70 см, що забезпечує оптимальне розпушування без забивання.

Різноманітні лапи, підгортальні та борознорізувальні корпуси, підживлювальні ножі, голчасті диски, зуби борін, ротори, ножі дисків є робочими органами культиваторів [2]. Лапи поділяються на підгортальні, розпушувальні та пропольні залежно від їхнього агротехнічного призначення. Розпушувальні лапи мають долотоподібні або наральникові лапи; пропольні лапи включають одnobічні лапи, також відомі як лапи-бритви; підгортальні лапи включають підгортальні лапи та підгортальні корпуси.



а - одностороння плоскоріжуча лапа (брита); б - універсальна стрілочаста лапа; в - долотоподібна розпушувальна лапа; г - ніж для підживлення; д - лапавідвальник; е - корпус-підгортальник; ж - підгортальник з гратчастим відвалом; з - аричний-бороздоріз; і - секція голчастих дисків; к - ланка прополювальної борінки; л - щиток; м - секція ротаційної борінки БРУ-0,7; н - щелеріз; о - прополювальний ротор; п - прополювальний диск; 1 - стійка; 2 - щока; 3 - лезо; 4 - воронка; 5 - відвальник; 6 - наральник; 7 - відвал; 8 - крило; 9 - паз; 10 - рамка; 11, 21, 27 - диски; 12, 22 - зубці; 13, 29 - кронштейни; 14 - пружина; 15 - циліндричний барабан, 16 - конічний барабан; 17, 23, 25, 28 - осі, 18 - тримач; 19, 26 - ножі; 20 - щиток; 21 - розпушувач

Рисунок 3.4 – Основні типи робочих органів культиваторів

Аналіз конструкцій машин показує, що в них переважають дискові чизельні знаряддя з плоскими або перфорованими дисками діаметром 500...560 мм і товщиною 5...6 мм. До рами кріпиться і встановлюється у 2 або 3 ряди ніжки-долота, які є підпружинені. Розпірки для них виготовлені зі сталі перетином 30x50, що забезпечує обробку ущільненого ґрунту на глибину до 30 см. Фіксатор долота містить демпфуючий пристрій, що створює ефект вібрації. Це знижує опір та забезпечує сомоочищення рослинних залишків.

Технологічно роботу культиватора можна поділити на три зони: 1 - зона розпушування, вона знаходиться у діапазоні 5...35 см. При розпушенні на мілку глибину застосовують крила для суцільного підрізування ґрунту по усій горизонтальній площині. Долота розпушують ґрунт, одночасно з підрізають та перемішують ґрунт з рослинними рештками (рис. 3.5).

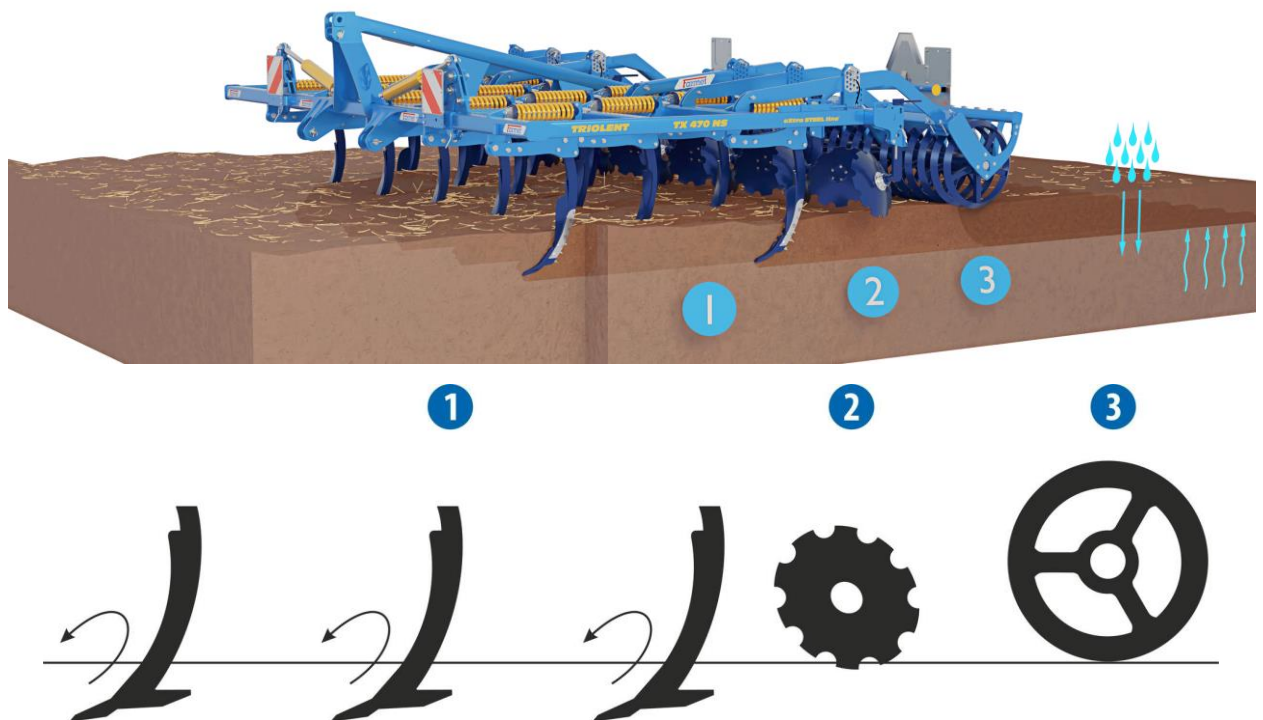


Рисунок 3.5 – Технологічний процес роботи чизельного культиватора

2 - зона вирівнювання поверхні, у якій вирівнюючі диски заробляють рослинні рештки.

3 - зона подрібнення грудок з подальшим ущільнення ґрунту, що гарантує капілярне підтягування ґрунтової вологи до поверхні поля.

Залежно від системи регулювання добрива можуть вноситись на дно оброблюваного шару ґрунту, в іншому режимі частина добрив вноситься по усій товщині оброблюваного ґрунту (рис. 3.6).

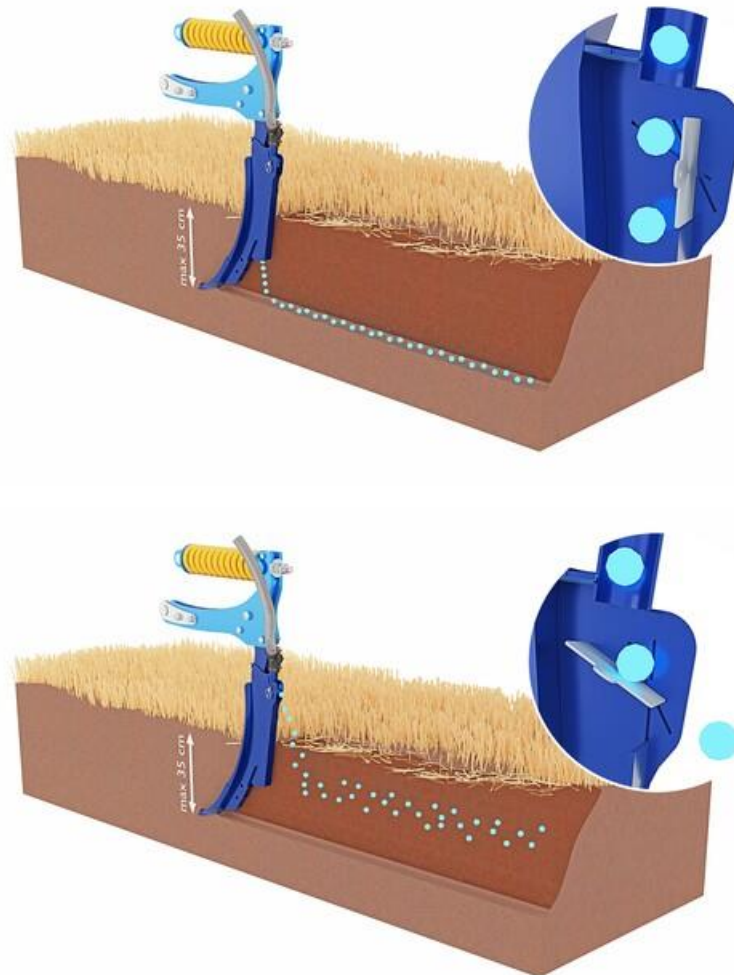


Рисунок 3.6 – Режими внесення добрив

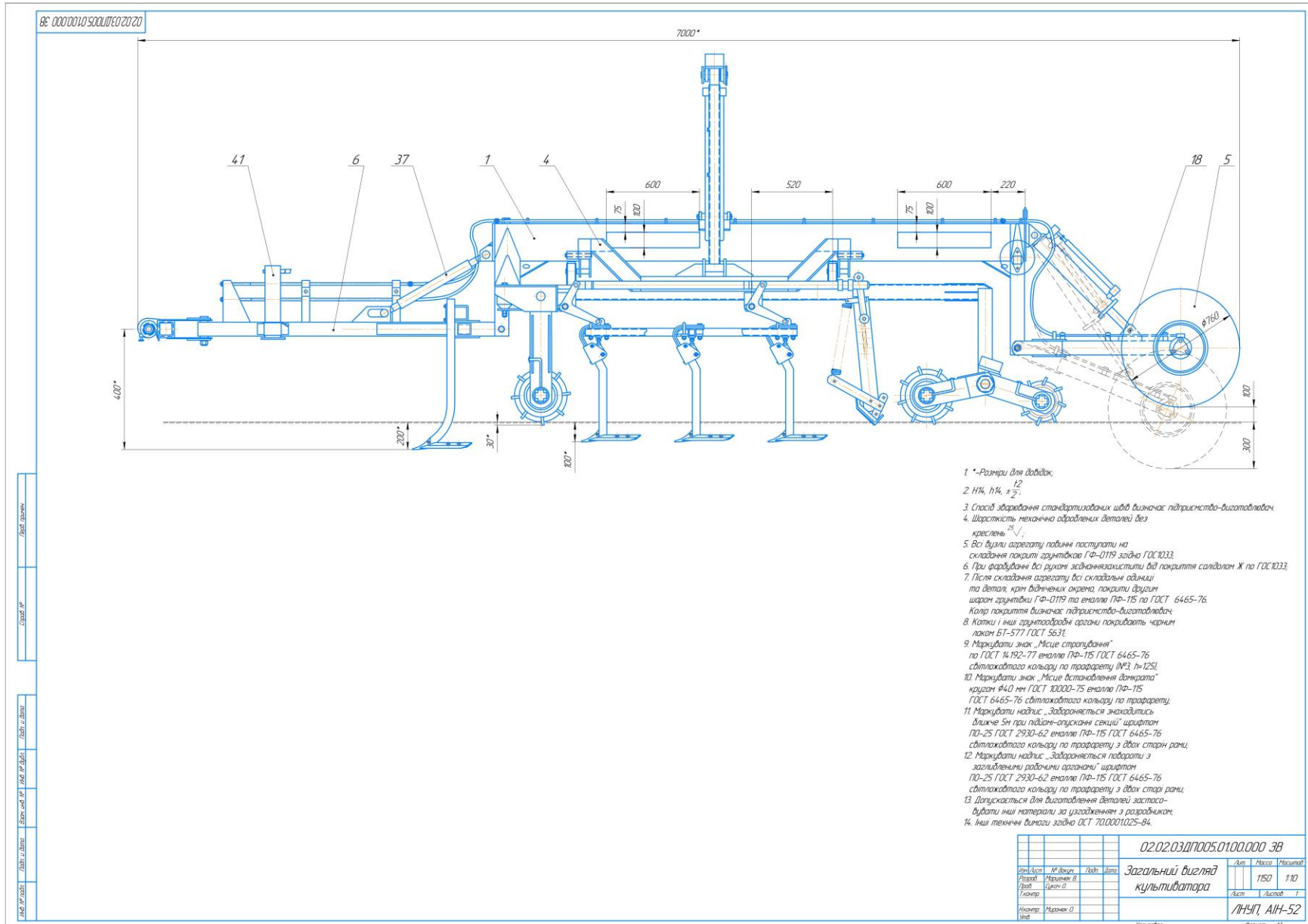
Передпосівний обробіток ґрунту здійснюють переважно комбінованими знаряддями, що складаються з батарей напівсферичних дисків з кутом заходу $8...12^\circ$ та 3-4 рядів S-подібних робочих органів або підпружинених долотоподібних чи стрільчатих лап. Основні характеристики культиваторів українського виробництва наведено у таблиці 3.1 [4], [9], [11].

Таблиця 3.1 - Основні характеристики культиваторів українського виробництва

Показник	Значення показника						
	АГ-4	ГРН-3,9	АГРО-3	КШН-5,6	ППР-2,5	Екопак 4500	Сма-рагд 9/600
1	2	3	4	5	6	7	
Призначення	Основний обробіток ґрунту						
Ширина захвату, м	4,0	3,9	3,0	5,6	2,5	4,5	6,0
Спосіб агрегування	Напівпричіпна				Начіп-на	Напів-причіпна	Начіп-на
Діапазон глибини обробітку, см	8-16	до 22	5-15	6-20	до 22	до 25	до 16
Тип робочих органів	1+6 або 1+7	2+6+12	2+5 або 3+5	2+4+8	1+13	4+2+14+ 9+10+11	2+4+8
Продуктивність за годину, га/год – основного часу	2,40	2,46	2,13	2,56	2,42	3,32	5,17
– змінного часу	1,86	1,94	1,42	1,95	1,87	2,08	4,08
– експлуатаційного часу	1,82	1,89	1,40	1,91	1,83	2,06	4,03

3.2. Оцінка енергетичних затрат на обробіток ґрунту

Для випробування запропонованого культиватора (рис. 3.7) проведено цілий комплексний захід спрямованих на оцінку його ефективності та відповідності заявленим характеристикам.



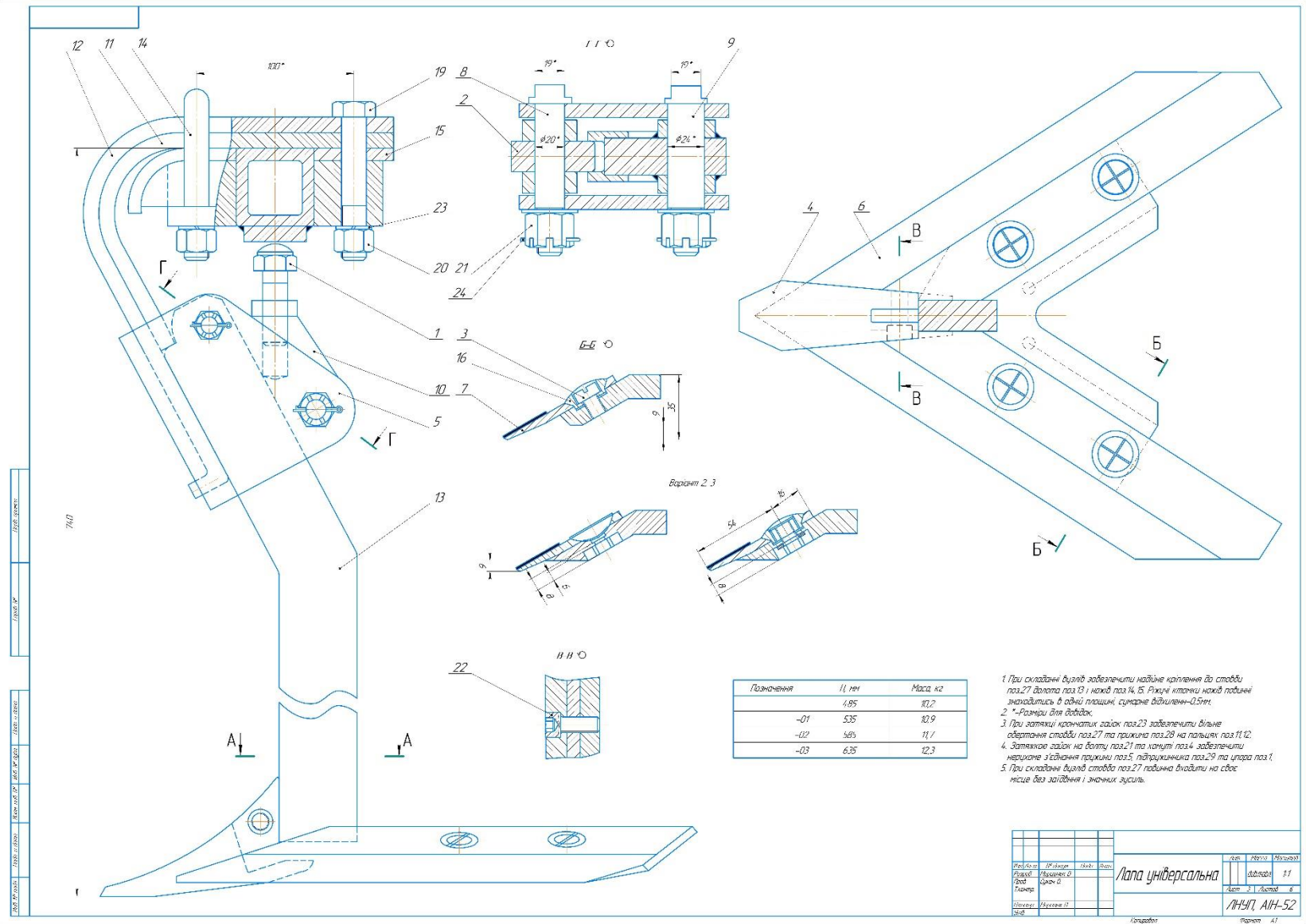


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд культиватора для мілкового обробітку ґрунту

Залежно від типу процедура випробування може мати деякі відмінності. Спільним є вибір ділянки землі, яка за своїми характеристиками (тип ґрунту, вологість, засміченість) буде максимально однорідною. Оцінка енергетичної ефективності культиватора для мілкої обробки проводилась на дослідній ділянці з сірими дерновими ґрунтами в межах приватного ФГ Рівненської області.

Контрольованими параметрами випробування визначаються глибина обробки, швидкість руху, робоча ширина захоплення та інші параметри та контролюється глибина обробки, рівномірність розпушення ґрунту, якість подрібнення грудок, забивання робочих органів.

Для проведення оцінки роботи культиватора попередньо встановлено щільність ґрунту (г/см^3) на дослідній ділянці. Мінімальна щільність ґрунту становила 1,32, тоді як максимальна – 1,73.

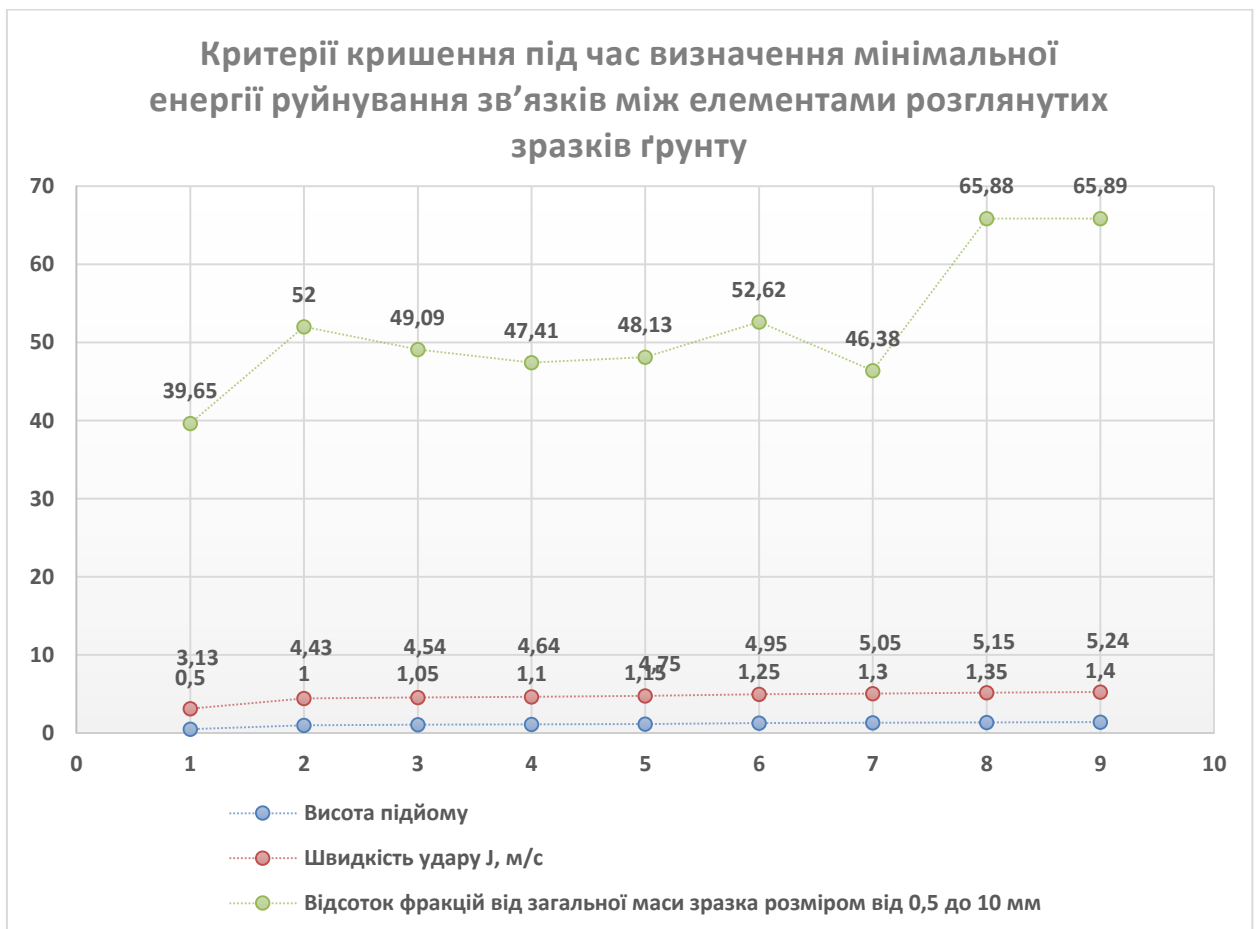


Рисунок 3.8 – Оцінка енергії руйнування зразків ґрунту

Для кожної культури окремо використаний найкращий фракційний склад обґрунтовано відповідно до поточних агрономічних розмір частинок повинен становити від 0,5 до 10 мм, а їх вміст має становити не менше шестидесяти відсотків від загального масиву. Результати дослідження енергії кришення зразків обґрунтовано представлено за допомогою основних критеріїв кришення. Виходячи з аналізу рисунку 3.8 можна зробити висновок, що найоптимальніші умови кришення ґрунту знаходяться в межах 3...8 групи, оскільки вони забезпечують оптимальні вимоги щодо фракційного складу ґрунту.

Враховуючи масу та висоту падіння зразків, встановлено оптимальний діапазон затрат енергії для кожного із критеріїв кришення (рис. 3.9).

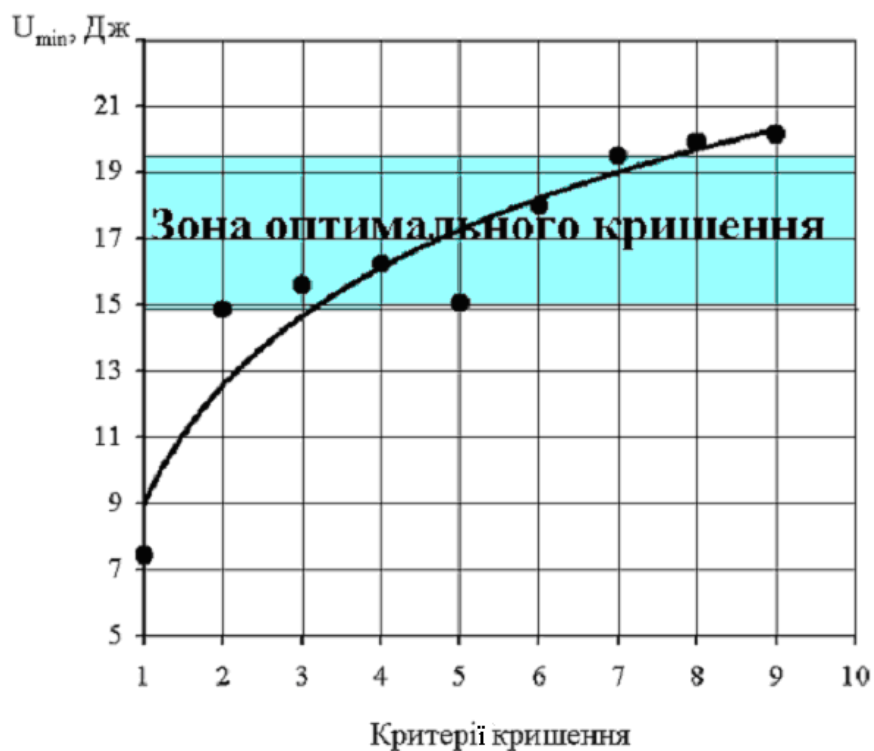
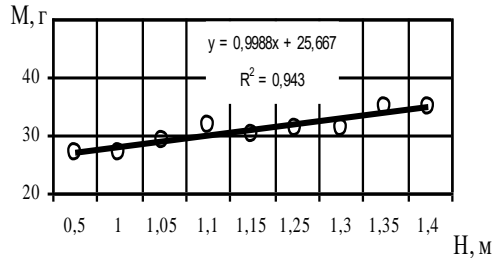


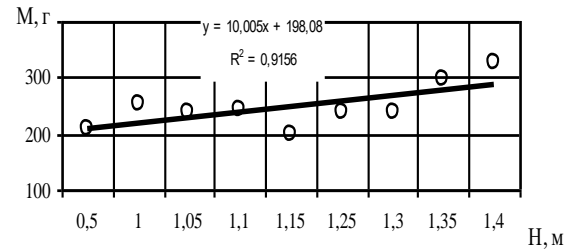
Рисунок 3.9 – Оптимальний діапазон затрат енергії для кожного із критеріїв кришення

Енергія, необхідна для розриву зв'язків між компонентами структури зразка ґрунту, що досліджується, коливається від 15,1 до 19,3 Дж (рис. 3.9).

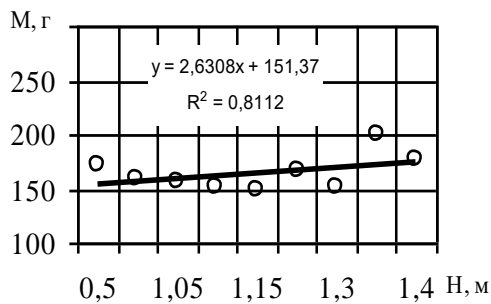
Були визначені результати енергії руйнування для обґрунтування характеристик робочого органу та параметрів агрегату. Рисунок 3.10 показує відповідні результати дослідження щодо визначення мінімальних і максимальних експериментальних значень потенціальної енергії руйнування.



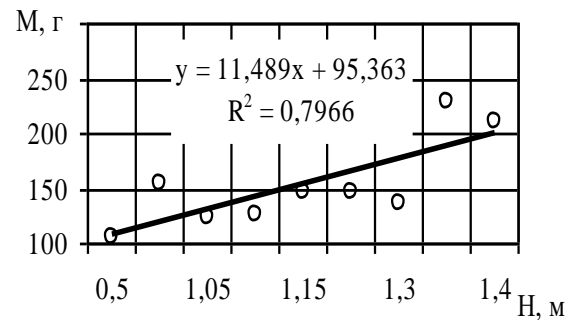
а)



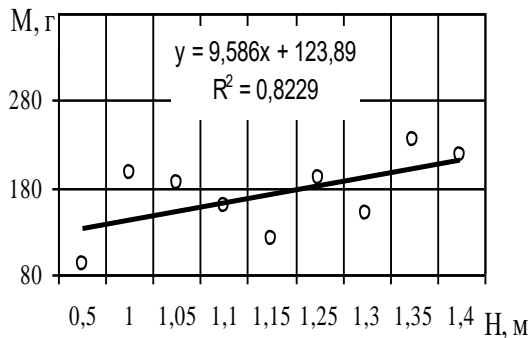
б)



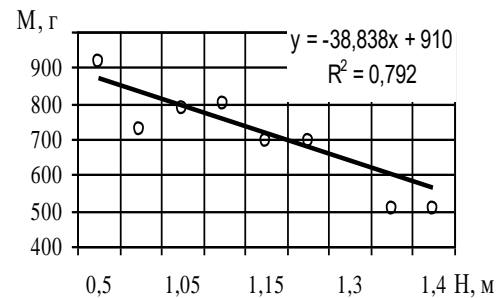
в)



г)



д)



е)

а) – розмір фракції до 1 мм;

г) – розмір фракції від 5 до 7 мм;

б) – розмір фракції від 1 до 3 мм;

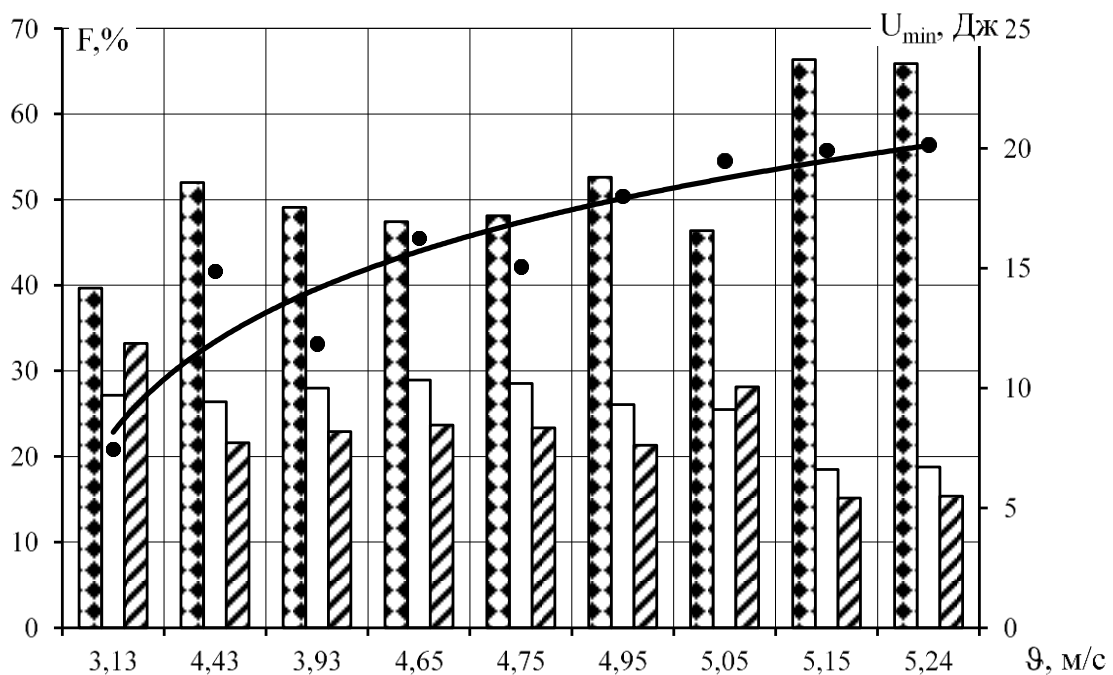
д) – розмір фракції від 7 до 10 мм;

в) – розмір фракції від 3 до 5 мм;

е) – розмір фракції більше 10 мм.

Рисунок 3.10 – Закономірності зміни фракційного складу дослідних зразків ґрунту

Результати енергії руйнування цього типу були визначені для обґрунтування характеристик робочого органу та параметрів агрегату руху. Рисунок 3.10 (а - е) показують відповідні результати дослідження щодо визначення мінімальних і максимальних експериментальних значень потенціальної енергії руйнування ґрунту. Таким чином, масова частка даних фракцій на висоті 500 мм склала 504,78 г, тоді як на висоті від 1300 мм до 1450 мм, що складає приблизно 369,23 г, тобто зменшилася на 28,1%.



- ▣ - процентний вміст фракцій розміром до 10 мм;
- - процентний вміст фракцій розміром від 10 мм до 25 мм;
- ▤ - процентний вміст фракцій розміром більше 25 мм;
- - енергія руйнування зв'язків між елементами розглянутих зразків ґрунту.

Рисунок 3.11 – Закономірності утворення фракцій та енергії руйнування зразків

Підсумовуючи результати досліджень руйнування зразків ґрунту (рис. 3.11) можна зробити наступні висновки. Зростання швидкості падіння досліджуваних зразків впливає таким чином, що процентний вміст

найдрібнішої фракції малих розмірів (до 10 мм) має приблизно лінійну залежність, середня фракція розмірів (від 10 до 25мм) постійно зростає, тоді як розмір великої фракцій (понад 25 мм) навпаки зменшується.

Результати енергії руйнування були визначені для обґрунтування характеристик робочого органу та параметрів руху агрегату. Оброблені отримані дані та створено рівень регресії, як показано на рисунку 3.12.

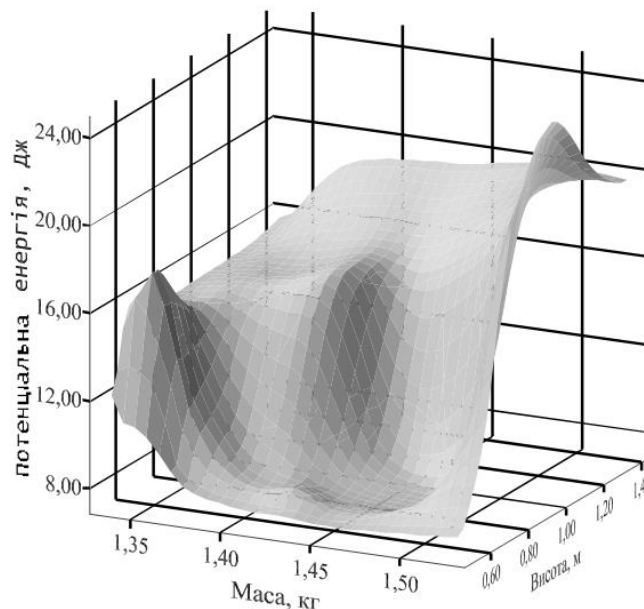
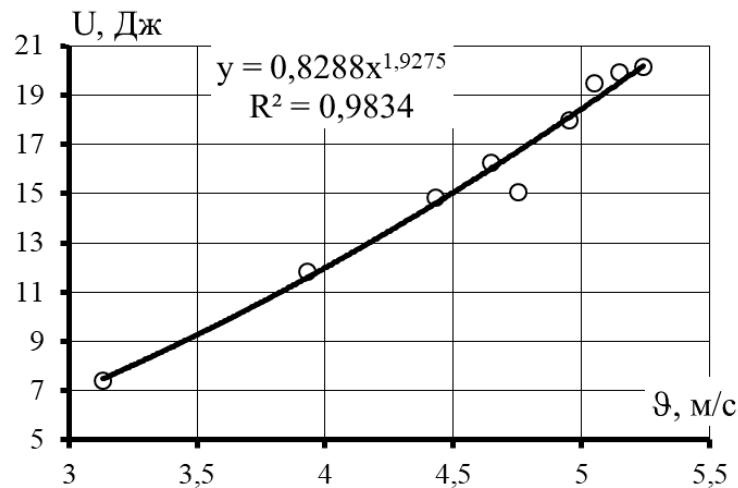


Рисунок 3.12 - Регресійна залежність енергії руйнування зразків ґрунту

$$U_{36} = -0,0001373 + 9,810161M \cdot H \quad (3.1)$$

Мінімальна енергія (U_{36}) руйнування зразка, який відповідає об'єму циліндричної форми 1 дм³ забезпечується за висоти падіння ґрунту - 500

мм. За цих умов мінімальна потенціальна енергія складає 7,44 Дж. Рисунок 3.8 містить дані, які отримано під час проведення регресивного аналізу, а регресійна залежність матиме такий вигляд [16], [29], [30].

Таблиця 3.2 – Дані статистичного аналізу отриманих результатів дослідження

№ змінної	Кореляція Y з X	Коефіцієнт регресії лінеарізов.	Статистична помилка коеф. регр.	t - альфа	Коеф. еластичності
Залежна змінна					
$U_{зв}$		-0,0001373			
Незалежна змінна					
$M \times H$	1,00	+9,8101616	+0,00275	3562,55395508	1.00

Коефіцієнт множинної детермінації $D = 1.000$
 Коефіцієнт множинної кореляції $R = 1.000$
 Стандартне відхилення оцінки $S = 0.010$
 Критерій Фішера $F = 126,91792$
 Коефіцієнт D значимий з ймовірністю $P = 0,99$.

Дослідження механічних характеристик ґрунту забезпечило визначення міцності та енергії зв'язків між елементарними структурами ґрунту, що формують скибу. Дослідження показали, що мінімальна енергія, необхідна для розпушування ґрунту відповідно для забезпечення мінімальних агровимог, становить 16–20 Дж/дм³.

3.3. Випробування культиватора з удосконаленою лапою

Під час культивації на дослідній ділянці проведено якісну та енергетичну оцінку машини. Експериментальним шляхом оцінено якість розпушення структури ґрунту відповідно до встановлених агростандартів, щоб перевірити результати теоретичних досліджень і математичного моделювання.

Таблиця 3.3 - Оцінка якості розпушення структури ґрунту профілюванням поверхні поля

№ заміру	Показники	До		Робочий орган									
		проходу		А		Б		В		Г		Д	
		п-п	п-з	п-п	п-з	п-п	п-з	п-п	п-з	п-п	п-з	п-п	п-з
I	\bar{M}	10,1	9,6	11,6	11,5	12,7	12,0	13,0	12,5	12,3	12,2	13,6	1
	σ	2,01	1,8	2,21	1,59	2,65	1,31	1,97	1,84	3,52	2,20	3,06	2
II	\bar{M}	9,5	8,9	12,4	12,2	11,9	11,8	11,9	11,7	12,7	12,5	13,7	1
	σ	1,76	1,56	2,41	1,66	2,17	1,41	3,65	1,68	3,55	2,86	2,45	1
III	\bar{M}	10,4	10,3	11,8	11,7	12,0	11,5	12,9	12,6	13,6	13,2	12,3	1
	σ	2,06	2,3	2,62	2,22	3,58	2,52	3,01	1,59	3,12	2,00	3,23	1
Середнє	\bar{M}	10	9,6	11,9	11,8	12,2	11,8	12,6	12,3	12,9	12,6	13,2	1
	σ	1,94	1,89	2,41	1,82	2,8	1,75	2,88	1,70	3,40	2,35	2,91	1

п-п – поперечне профілювання;

п-з – повздовжнє профілювання

При цьому необхідні параметри процесу, які мінімізують використання енергії . Таблиця 3.3 містить результати експерименту. Під час випробування було встановлено , що оптимальні геометричні параметри робочого органу є наступними: кут різання має становити 5–10 град, кут атаки лапи $2g$ має становити 55–65 град , а ширина лапи B_l має становити 300 мм. слідом до цих умов, оброблюваний шар обґрунтовано зупинитися по висоті вздовж леза лапи в частині $h = 25–35$ мм. Під час виробничих випробувань було встановлено, що технологія мілкої обробітку з розробленою лапою знижують енерговитрати енергетичним засобами, можуть зменшуватись на приблизно на 20%.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАНИ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

4.1. Формування безпечних умов праці під час роботи з сільськогосподарськими машинами

Державними стандартами ДСТУ ISO 14269-1:2008 і санітарними вимогами регламентовані вимоги до конструкції тракторів, самохідних та інших сільськогосподарських машин (обладнання машин приладами безпеки, сигналізації, спеціальними пристроями), гідроприводів і пневмоприводів, робочого місця оператора, органів керування та інших елементів конструкції, від яких залежать умови праці та безпека оператора. Трактори і самохідні сільськогосподарські машини повинні бути зручними і безпечними при технічному обслуговуванні. Усі машини повинні мати безпечний доступ до робочого місця [9], [16], [19].

Машини, що застосовують у гірських умовах, обладнують захисними кабінами (захисними корпусами), креномірами-сигналізаторами.

Усі параметри мікроклімату повинні відповідати санітарним нормам.

Стандартами нормуються зусилля, що прикладаються до органів керування машинами. Наприклад, при дії ногами вони коливаються в межах 60-200 Н, при дії руками – 30-200 Н.

Усі сільськогосподарські машини не повинні забруднювати навколишнього середовища (повітря, ґрунт, водойми) шкідливими викидами, бути джерелом пожеж і вибухів, а матеріали, які застосовують при експлуатації і технічному обслуговуванні, мають бути безпечними і не шкідливими для людей.

Спеціальними правилами безпеки передбачені вимоги до сидінь, електрообладнання, начіпних і причіпних пристроїв, робочих органів тощо.

До роботи допускаються лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також

машини, що тривалий час не працювали, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки роботи всіх органів.

4.2. Оцінка безпеки сільськогосподарських машин

Для оцінки безпеки сільськогосподарської техніки застосовують різні способи і засоби. Найбільш поширеними є безпосередній огляд, випробування і вимірювання параметрів. В окремих випадках, при експлуатації складного обладнання для оцінки рівня безпеки (небезпеки) складних сільськогосподарських машин, виробничих процесів, виробництв чи технологій з метою запобігання травмонебезпечних, аварійних та катастрофічних ситуацій застосовують складний але ефективний метод – аналітичний. Усі наведені методи є складовими універсального методу – методу експертної оцінки безпеки робочих місць, окремих машин, **технологічних операцій (процесів) тощо [14-18]**.

Безпека при комплектуванні та використанні машинно-тракторних агрегатів Комплектує машинно-тракторний агрегат тракторист-машиніст, при потребі, за допомогою допоміжних робітників під обов'язковим контролем бригадира, механіка або агронома. Довільна заміна машин у складеному агрегаті без дозволу цих осіб не допускається. За технічний стан, комплектування і безпечне використанні машин, що знаходяться у приватній власності, несе повну відповідальність власник. До експлуатації допускаються абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини.

Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тими тракторами, що зазначені у заводській інструкції машини.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані механізатори. Залежно від виду роботи механізатори повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом.

Перед виконанням польових робіт поле спочатку обов'язково оглядає агроном (власник). Після цього (при потребі) його підготовлюють: видаляють велике каміння, засипають рови, яри, ями та інші перешкоди, а ті, що неможливо усунути, позначають віхами, табличками з попереджувальними написами. Після цього поле засмічують відповідно до операційної карти. Якщо працюватиме група агрегатів, то обов'язково вибирають, обладнують і позначають місце відпочинку.

На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу.

Механізовані процеси роботи і рух агрегатів мають відповідати розробленим і затвердженим агрономом або керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

На ділянках полів і доріг, над якими проходять повітряні лінії електропередач, робота і проїзд машини дозволяються у тому випадку, якщо відстань від найвищої точки машини або вантажу на транспортних засобах до нижнього проводу лінії електропередач не менша за такі величини, як наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Показники небезпечних зон

Напруга лінії електропередач, кВ	До 1	1-20	35-110	154	220	330-500
Відстань по горизонталі, м	1,5	2	4	5	6	9
Відстань по вертикалі,	1	2	3	5	4	5-6

Особливу увагу не обхідно приділяти агрегатам, що працюють на схилах. До керування такими агрегатами допускають механізаторів не нижче II класу, зі стажем роботи за спеціальністю не менше трьох років, що пройшли спеціальне навчання та інструктаж з безпеки праці.

В умовах гористої місцевості (на схилах), як правило, застосовують спеціальні машинно-тракторні агрегати і окремі машини (круто схильні

модифікації). До роботи на схилах крутістю не більше як 8-9° допускаються трактори і комбайни загального призначення.

Працювати на схилах колісним тракторам на вузькій колії заборонено. При агрегуванні культиваторів із тракторами загального призначення застосовують автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного зчеплення машини на трактор не допускається перебування працюючих у небезпечній зоні, щоб запобігти виникненню небезпечних ситуацій в процесі агрегування. Значна кількість автоматичних причіпних і начіпних пристроїв, розроблених різними авторами і організаціями, промисловість серійно не випускає, тому, крім автоматичного начіпного пристрою АС-1, вони у господарствах не застосовуються. Більшість з них мають суттєві конструктивні недоліки: низька міцність, ненадійність, незручність у користуванні.

Одним з недоліків сільськогосподарських машин є те, що їх робочі органи не обладнані пристроями для самоочищення. Відповідно до існуючих правил таку роботу необхідно виконувати спеціальними пристроями (чистиками) при зупиненому агрегаті, а деяких машин – і при зупиненому двигуні.

Виконувати роботи під культиватором, піднятим за допомогою гідромеханізмів (гідросистем), забороняється. Тому роботу можна виконувати при заглушеному двигуні і надійно зафіксованому у піднятому положенні культиватора спеціальними підставками або пристроями.

4.3. Аналіз небезпечних чинників під час роботи з навісними машинами

Результати аналізу виробничих небезпек, що виникають при експлуатації навісного культиватора приведені на схемі 4.1

ВИД РОБІТ СКЛАД	ВИРОБНИЧА НЕБЕЗПЕКА	
	НЕБЕЗПЕЧНА УМОВА (НУ)	НЕБЕЗПЕЧНА ДІЯ (НД)
<i>АГРЕГАТУВАННЯ НАЧІПНОГО ПЛУГА З ТРАКТОРОМ ХТЗ-120</i>	<p><i>З'ЄДНАННЯ НА ЧІПНОГО культиватора З ТРАКТОРОМ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РУЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НУ</i></p> <p>МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ: $\begin{array}{c} \text{НУ} \rightarrow \text{НС} \rightarrow \text{Т} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{НД}_1 \rightarrow \text{НД}_2 \end{array}$</p>	<p><i>У НЕБЕЗПЕЧНІЙ ЗОНІ ЗНАХОДИТЬСЯ ПРИЧІПЛЮВАЧ НД₁ МОЖЛИВИЙ РУХ ТРАКТОРА БЕЗ КОМАНДИ ПРИЧІПЛЮВАЧА НД₂</i></p>
<i>КУЛЬТИВАЦІЯ, ТРАКТОР ХТЗ-120 НАЧІПНИЙ КУЛЬТИВАТОРОМ</i>	<p><i>МОЖЛИВА ТЕХНІЧНА НЕСПРАВНІСТЬ ГІДРОСИСТЕМИ НУ₁ КУЛЬТИВАТОР НЕ ЗАФІКСОВАНИЙ У ПІДНЯТОМУ ПОЛОЖЕННІ НУ₂</i></p> <p>МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ: $\begin{array}{c} \text{НД} \\ \downarrow \\ \text{НУ} \rightarrow \text{НС} \rightarrow \text{Т} \\ \uparrow \\ \text{НУ}_2 \end{array}$</p>	<p><i>ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ПРИЧІПЛЮВАЧ ЗНАХОДИТЬСЯ БЛЯ ПІДНЯТОГО ГІДРОСИСТЕМОЮ КУЛЬТИВАТОРА НД₂</i></p>
<i>ТРАНСПОРТУВАН- НЯ НАЧІПНОГО культиватора</i>	<p><i>МОЖЛИВА ТЕХНІЧНА НЕСПРАВНІСТЬ ГІДРОСИСТЕМИ НУ₁ КУЛЬТИВАТОР НЕ ЗАФІКСОВАНИЙ У ПІДНЯТОМУ ПОЛОЖЕННІ НУ₂</i></p> <p>МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ: $\begin{array}{c} \text{НУ}_2 \\ \downarrow \\ \text{НУ}_2 \rightarrow \text{НС} \rightarrow \text{А.Т} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{НД}_1 \rightarrow \text{НД}_2 \rightarrow \text{НД}_3 \end{array}$</p>	<p><i>ПЕРЕВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ТРАКТОРА НД₁ РІЗКЕ ГАЛЬМУВАННЯ НД₂ І ОПУСКАННЯ ПЛУГА НД₃</i></p>

Рисунок 4.1 – Модель виникнення травмонебезпечних ситуацій

4.4. Захист навколишнього середовища

Галузі сучасного виробництва, наносять не великої шкоди навколишньому середовищу, порушуючи його дисбаланс у природі. З цим пов'язаний і контроль раціонального використання природних ресурсів. З часів виникнення людської цивілізації в природному середовищі земної кулі, яка забезпечувала всі екологічні, економічні і соціальні потреби суспільства. Разом із зміною людства і розвитком матеріального виробництва неминуче змінювалось і природне середовище. Однак упродовж багатьох тисячоліть антропогенні впливи на середовище були настільки незначними і локальними, що в планетарному масштабі їхня дія була не шкідливою і практично непомітною. Ситуація докорінно змінилася лише в ХХ ст., коли демографічний вибух і друга індустріальна революція призвели до неминучих змін в природному середовищі. Вивчення законів життя природи та умов рівноважного існування природного середовища земної кулі тривалий час розглядали як другорядне і мало актуальне завдання. Машинобудівна промисловість значно забруднює навколишнє середовище, тому слід розробляти природоохоронні заходи: – впровадженнь безвідходного виробництва; – впровадженнь на виробництві нових технологій очистки води і повітря та інше [11], [12].

Забруднення довкілля, що виникли в результаті виготовлення рами ескаватора та заходи по їх зменшенню У виробництві розробляється технологічний процес та вибирається раціональне зварювальне устаткування і пристосування для виготовлення рами ескаватора . В процесі реалізації технологічного процесу виникають такі забруднення: електромагнітне, твердими відходами, води, викиди шкідливих газів в атмосферу. Джерелом електромагнітного забруднення є зварювальний трансформатор і електроустаткування, яке використовується в технологічному процесі. Тому слід застосовувати спеціальні заходи що до захисту навколишнього середовища [11], [14].

Небезпека електромагнітних полів полягає в тому, що їх дія на організм є прихованою і не може бути виявленою без спеціальних засобів. Слід зазначити, електромагнітні поля штучного походження значно перевищують рівень природного фону. Підвищуючи рівень електромагнітних полів спричиняє порушенню біологічної рівноваги в районі дії, а отже веде до погіршення екологічної обстановки в цілому. Зварювальний трансформатор є джерелом змінних електричного і магнітного полів. Працівники, які довгий час перебувають у контакті з електромагнітним випромінюванням, скаржаться на слабкість, втому, дратівливість, слабкість погіршення пам'яті, порушення сну. Серцево-судинна система реагує дистонією, лабільністю пульсу і артеріального тиску, болем у серці, схильністю до гіпертонії. Відзначаються також фазові зміни складу периферійної крові, лабільність показників з наступним розвитком вираженої лейкопенії, нейропенії, еритроцитопенії. Звісно, такі критичні стани виникають у тих, хто тривалий час працює у зоні дії електромагнітних полів достатньо великої інтенсивності, але сама інформація змушує замислитися [11].

РОЗДІЛ 5

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

5.1. Багатоваріантна економічна оцінка ефективності використання МТА

Для підтвердження ефективності пропонуваніх рішень і припущень про можливість економії енергії, відповідно й коштів під час проведення мілкої обробітку ґрунту проведемо аналіз ефективності їх використання в технологічному комплексі для виробництва зерна в модельному господарстві. Вибір машино–тракторного агрегату для обробітку ґрунту проводиться з урахуванням умов конкретної культури (озимої пшениці) та обсягів її виробництва. Розрахунок проводився за допомогою програмного забезпечення „Агро+” [14], [28].

Початковими даними для розрахунку були: виробіток за годину основного часу сільськогосподарської машини (W_e), витрата палива агрегатом на виконання роботи (Q_{ca}), ціна сільськогосподарської машини (C_m), нормативне та зональне завантаження сільськогосподарської машини і енергозасобу (H), ціна енергозасобу (C_e), потужність двигуна енергозасобу (P_e).

Виробіток за годину основного часу сільськогосподарської машини, розраховували за формулою [8], [9], [22]:

$$W_e = B_p \cdot \mathcal{G}_p \cdot 0,1, \text{ га/год.} \quad (5.1)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;

\mathcal{G}_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год.

Знаючи проектну структуру робочого дня, тобто роботу двигуна в годинах на зупинках, переїздах, поворотах і на основній роботі, визначали норматив витрати палива на одиницю роботи:

$$Q_{ca} = \frac{T_o \cdot Q_o + T_{нов} \cdot Q_{нов} + T_{пер} \cdot Q_{пер} + T_{зуп} \cdot Q_{зуп}}{H_s}, \quad (5.2)$$

де $Q_{за}$ – витрата палива агрегату на виконання роботи, кг/га;

$T_o, T_{нов}, T_{пер}, T_{зуп}$ – затрати часу протягом зміни, відповідно на виконання основної роботи, повороти, переїзди і на зупинки, год.;

$Q_o, Q_{нов}, Q_{пер}, Q_{зуп}$ – норматив витрати палива, відповідно на виконання основної роботи, повороти, переїзди і на зупинки, кг;

H_3 – змінна норма наробітку, яку визначали за формулою:

$$H_3 = \frac{T_{зм} - (T_{нз} + T_{во} + T_{об})}{60 \cdot (1 + \tau_{пер} + \tau_{нов})} \cdot W_2, \text{ га/зміну}$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

$T_{нз}$ – тривалість підготовчо-заклучних робіт;

$T_{во}$ – тривалість відпочинку і особистих потреб;

$T_{об}$ – тривалість обслуговування агрегату протягом зміни;

$\tau_{пер}$ – коефіцієнт переїздів:

$$\tau_{пер} = \left(t_{nn} + \frac{l_{пер}}{g_{mp}} \right) \cdot \frac{W_2}{S_{cp}},$$

де t_{nn} – тривалість підготовки агрегату до переїзду, год.;

$l_{пер}$ – віддаль переїзду, км;

g_{mp} – швидкість руху агрегату при переїзді км/год.;

S_{cp} – площа ділянки, що обробляється, га;

$\tau_{нов}$ – коефіцієнт поворотів:

$$\tau_{нов} = \frac{16,6 \cdot g_p \cdot t_{нов}}{l},$$

де l – середні довжина гонів, м.;

$t_{нов}$ – час одного повороту, хв.

Лімітну ціну нової машини в гривнях визначали за формулою:

$$Ц_l = Ц_{в.м.} \cdot \sigma, \quad (5.3)$$

де $Ц_{в.м.}$ – верхня межа ціни нової машини, грн., визначали за формулою, за умови, коли відсутня балансова вартість:

$$Ц_{в.м.} = \left(\frac{(\Pi_0 - \Pi_n + E) B_p}{a_n + E_k} \right) \cdot \frac{1}{\delta},$$

де P'_n – наведені затрати нової машини на одиницю роботи без затрат на реновацію та нормативну ефективність капіталовкладень, грн./га;

δ - коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову.

σ - коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту від використання нової машини ($\sigma = 0,9$).

Узагальнені результати розрахунку економічної ефективності використання культиватора КН – 4,5У з розробленим робочим органом і базових варіантів подано в табл. 5.1 і додатку В.

Таблиця 5.1 - Результати розрахунку економічної ефективності використання культиватора КН – 4,5У з розробленим робочим органом

Показники		Машино-тракторні агрегати		
		з розробленим робочим органом	базові	
			I	II
		JOHN DEERE 7830 + КН – 4,5У	JOHN DEERE 7830 + КРУ – 3,7	JOHN DEERE 7830 + КПП – 3,9
Витрати палива	кг/га	4,8	5,2	6,75
	грн./га	157,8	170,8	221,7
Затрати праці	л.год./га	0,26	0,29	0,37
	грн./га	8,9	9,7	12,6
Експлуатаційні затрати	грн./га	166,7	180,5	233,4
Приведені затрати	грн./га	229,8	241,07	302,3
Матеріаломісткість	кг/га	3,1	3,5	3,8
Енергоємність	мДж/га	205,0	222,0	288,2

Маючи приведені затрати на використання машино-тракторних агрегатів і затрати праці, визначили річний економічний (E_p) ефект від експлуатації КН – 4,5У з розробленим робочим органом за формулою:

$$E_p = H_3 \cdot (P_{\bar{o}} - P_n + Z_n), \quad (5.4)$$

де H_3 – річний наробіток нової машини в умовах даної природно-кліматичної зони, га/рік;

$P_{\bar{o}}, P_n$ – відповідно приведені затрати на одиницю наробітку за базовою і новою машинами, грн./га;

Z_n – затрати на оплату праці, грн./га.

Таким чином річний економічний ефект від використання машино-тракторного агрегату JOHN DEERE 7830 + КН – 4,5У 5 у порівнянні з базовими: варіант I склав 361,14 грн., і варіант II – 4423 грн. Використання культиватора КН – 4,5У з розробленим робочим органом дає змогу зменшити енергоємність процесу обробітку ґрунту в порівнянні з КРУ – 3,7 на 8,7 % та КПП – 3,9 на 40,5 %, економія палива становить відповідно на 7,68 % і 29,01 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. В результаті проведеного аналізу можна стверджувати, що існує кілька основних видів обробітку ґрунту, кожен з яких має свої особливості та виконується для досягнення певних агротехнічних цілей. Основний обробіток, що включає глибоку оранку, чизелювання або плоскорізний обробіток, триває протягом кількох років або щорічно.

2. Мілкий або поверхневий обробіток здійснюють на глибину до 10–12 см для збереження вологи та боротьби з бур'янами. Він забезпечується методом дискування, культивування або боронування. Цей обробіток забезпечує покращення структури верхнього шару ґрунту, сприяє збереженню вологи та зменшує ризик ерозії.

3. Нульовий обробіток або No-till взагалі не передбачає механічного обробітку, а насіння висівають тільки у пожнивних залишках. Цей метод дозволяє зберегти природну структуру ґрунту, запобігає ерозії та накопиченню органічних речовин.

4. Теоретично обґрунтовано та створено модель лапи культиватора для мілкого обробітку ґрунту. Розраховано параметри технологічного процесу, такі як швидкість та висота переміщення скиби ґрунту. Досліджено параметрами взаємодії та енергомісткість процесу кришення ґрунту. Встановлено, оптимальний діапазон енергозатрат на руйнування структури зразка ґрунту становить 16 - 21 Дж/дм³.

5. Розроблено та випробувано експериментальний зразок лапи культиватора з наступними параметрами: кут різання $\alpha = 5\text{--}10$ градусів; кут атаки $= 55\text{--}60$ градусів; висота підйому скиби $h = 24\text{--}32$ міліметрів; і робоча ширина захвату $B_{\text{п}} = 300$ міліметрів.

6. Проведено багатоваріантний аналіз економічної ефект від використання машино-тракторного агрегату з різними культиваторами для суцільного обробітку ґрунту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., Skibchuk, V. (2021). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Агроінженерні дослідження*, 24, 77-82. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2020.24.077>.
2. Адамчук В. В., Грицишин М. І. Система техніко –технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва. *Аграрна наука*, Київ, 2012. 416 с.
3. Аніскевич Л. В. Тенденції та шляхи розвитку машин для внесення технологічних матеріалів. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. Харків. 2000. Вип. 1. С. 130–133
4. Бакум, М. В. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. Ч. 1. Плуги загального призначення / М. В. Бакум, С. П. Нікітін, А. В. Сергєєва ; за ред. М. В. Бакума ; Харк. держ. техн. ун-т с.-г. – Х., 2003. – 336
5. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів : Світ, 1995. 288 с.
6. Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я., Березівський З.П. Організаційно-економічні параметри ресурсощадних технологій виробництва продукції рослинництва і тваринництва. Львів: Українські технології, 2000. 223 с.
7. Білявський Г.О. Основи екології: підручник для студ. вищих навч. закладів / Г. О. Білявський та ін. Київ: Либідь, 2004. 408 с..
8. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995 237 с.
9. Боярко І. М. Інвестиційний аналіз: [навч. посіб.] Київ: Центр учбової літератури, 2011. 400 с.
10. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини: Підручник. 2-е вид. К.: Каравела, 2008. 552 с.

11. Воронов А. К. Навколишнє середовище та розвиток, К.: Наукова думка, – 1995.
12. Грунтообробна техніка Elvorti URL: <https://elvortishop.com.ua/ua/> (дата звернення: 05.11.2021р.).
13. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Нора-прінт, 1999. – 280 с.
14. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. пос. 2006. 292 с.
15. ДСТУ 3433-96. Надійність техніки. Моделі відмов. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1998. 42 с..
16. ДСТУ 3524-97. Надійність техніки. Проектна оцінка надійності складних систем з урахуванням технічного і програмного забезпечення та оперативного персоналу. Основні положення. К.: Держстандарт України, 1999. 21 с.
17. ДСТУ 3942-2000. Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). К.: Держстандарт України, 2000. 30 с.
18. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин : [у 2 т.] / П.М. Заїка. Харків : ОКО, 2001. – Т. 1, ч. 1 “Машини та знаряддя для обробітку ґрунту”. 443 с.
19. Ковбаса В.П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих органів з ґрунтом: Дис... докт. техн. наук – 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / Національний аграрний університет. К., 2006. 346 с.
20. Кравченко М.С. та ін.. Землеробство: Підручник / М.С. Кравченко, Ю.А. Злобін, О.М. Царенко; За ред. М.С. Кравченка. 496с.; іл. К.: Либідь, 2002.
21. Кравчук В.І., Гуков Я.С. Енерговитрати при розпушенні ґрунту механічним способом // Збірник наукових праць Національного аграрного

університету "Механізація сільськогосподарського виробництва". Т. VIII. – К.: НАУ, 2000.

22. Листопад І.І. Нормування праці в сільськогосподарських підприємствах: Навч. посібник. Харків: ХДАУ. 1998. 186 с.

23. Лихочвор В. В. Рослинництво Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ „Українські технології”, 2002. 800 с.

24. Лупенко Ю.О., Малік М.Й., Шпикуляк О.Г. Інноваційне забезпечення розвитку сільського господарства України: проблеми та перспективи. ННЦ ІАЕ, Київ, 2014. 516 с.

25. Міляєв Ю. П. Нечипоренко О. М. Основи надійності технічних систем: навч. посіб. К.: Видавн.-полігр. центр Акад. муніцип. управління, 2008. 246 с.

26. Пастухов В.І. Довідник з машиновикористання в землеробстві. Харків: Веста, 2001. 344 с.

27. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / [Войтюк Д.Г., Бороновський В.М., Булгаков В.М. та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. К. : Вища освіта, 2005. 464 с.

28. Технологічні карти та витрата палива на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. А.І. Мазуренка, Г.Є. Мезнева. Харків: ХНТУСГ. 2006. 725 с.

29. Ткачук К. Н., Іванчук Д.Ф. та ін. Довідник по охороні праці на промисловому підприємстві. Київ: Техніка, 1991. 192 с.

30. Хітров І.О., Бундза О.З., Бабич, О.Я. Організація технічного сервісу машин дилерським підприємством. *Сільськогосподарські машини*, 2018. С. 40, 121-130.

31. Шевчук Р. С. Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільсько-господарської техніки: Методичні рекомендації. М. Львів, 1994. 27 с.