

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження параметрів роботи комбінованого робочого органу
для обробітку ґрунту»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 3
Чубенко Ігор Володимирович
Керівник: Яхін С. В.
Рецензент: Келемеш А. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. Найбільш трудомістким вважається процес відвальної оранки, тому його часто замінюють дискуванням і культивацією, вибираючи менш енергоємну технологію обробки ґрунту. В результаті цього, при роботі знарядь не по всій глибині орного горизонту, в ньому відбувається переущільнення нижчих шарів. Згодом порушується водно-повітряний режим кореневого шару, де ростуть культурні рослини, ускладнюючи умови для нормальної життєздатності ґрунтоутворюючих мікроорганізмів. Все це, в комплексі, призводить до зниження родючості ґрунту, засміченості посівних площ і скорочення врожайності сільськогосподарських культур [1, 2].

При виконанні операції відвальної оранки дещо покращується родючість ґрунту, накопичуються і в подальшому зберігаються запаси вологи. Завдяки обороту ґрунтового пласта здійснюється закладення пожнивних залишків і знижується засміченість полів. Але при глибокій обробці з оборотом розкришеного орного шару відбувається перемішування шарів ґрунту, що є недоліком даної технології.

Застосування чизельної обробки дозволяє зберегти пошарове розташування ґрунту, запобігаючи ерозійним процесам і сприяючи накопиченню в ньому гумусу. Але в цьому випадку відбувається засмічення полів і неможливе внесення органічних добрив.

У разі поєднання чизелювання і відвальної оранки в одну технологічну операцію, дотримуючись агротехнічних вимог, з'являється можливість підвищення якості та ефективності глибокої обробки ґрунту.

Мета дослідження. Підвищення експлуатаційних і технологічних показників агрегату для обробки ґрунту за рахунок вдосконалення технологічного процесу глибокої обробки ґрунту і розробки комбінованого робочого органу.

Об'єкт дослідження. Комбінований робочий орган агрегату для обробки ґрунту.

Предмет дослідження. Процес глибокого обробітку ґрунту.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження проводились на основі методів оптимізації, планування факторного експерименту, методик визначення фізико-механічних характеристик ґрунту, силових впливів на робочий орган. Обробка результатів експериментальних досліджень і оцінка похибок проводилися на ПК з відповідним програмним забезпеченням.

Теоретична та практична значущість. Обґрунтовано технологічний процес глибокого обробітку ґрунту і конструктивна схема комбінованого робочого органу для його здійснення. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження по обґрунтуванню конструкції і параметрів ресурсозберігаючого комбінованого робочого органу. Дана економічна оцінка ефективності використання розробок.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз процесу основного обробітку ґрунту

Основними завданнями обробки ґрунту є забезпечення оптимальних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур. Правильна і своєчасна механічна обробка ґрунту, змінюючи фізичний стан оброблюваного шару, співвідношення між обсягами капілярних і некапілярних проміжків, надає кардинальний вплив на водний, повітряний, тепловий, поживний режими ґрунту, на динаміку фізико-хімічних і біологічних процесів як в орному, так і в значній частині підорного кореневого шару. Розпушений ґрунт краще пропускає воду і повітря атмосфери не тільки в орний, але і в більш глибокі її шари, сприяючи потужному розвитку коренів, проникненню їх в нижчі горизонти. Вибір необхідної технології сприятливо впливає на режими ґрунту, її біохімічну активність, позначаючись на факторах росту і розвитку рослин, збільшуючи і прискорюючи біологічний коловорот їх елементів живлення, підвищуючи енергетику ґрунтоутворення [3, 4].

В умовах, коли немає можливості застосування високих доз органічних і мінеральних добрив, головне завдання сучасного землеробства – інтенсивно використовувати, підтримувати і окультурювати існуючий кореневмісному шар, істотно покращуючи водний режим і, як наслідок, фізичні властивості орного шару.

Родючість ґрунту визначається станом ґрунтових процесів, спрямованих на задоволення потреби рослин елементами живлення, водою і повітрям. Виходячи з цього визначення, родючий ґрунт повинен містити елементи живлення в доступних рослинам формах і кількості, повністю забезпечуючи їх потребу: мати достатній запас доступної рослинам вологи,

містити кисень в обсязі, необхідному для нормальної діяльності мікроорганізмів і коренів рослин.

Механічна обробка ґрунту, як найважливіший елемент системи агротехнічних заходів, формує в ній найбільш сприятливі для зростання умови: закладаючи органічні і мінеральні добрива в різні по глибині частини орного шару або змінюючи інтенсивність мікробіологічних процесів, варіюючи способами обробітку ґрунту, забезпечує найбільш оптимальні умови мінерального живлення [5].

У масштабах Полтавського регіону вибір оптимальної системи обробки ґрунту лежить в широкому діапазоні різноманітних рішень. Цей вибір крім екологічної різноманітності умов в більшій мірі визначається рівнем інтенсифікації виробництва. На прийняття рішень, крім наукових рекомендацій, які не завжди і не скрізь мають чітке пояснення і вичерпний характер, великий вплив надає місцевий досвід, традиції.

Питанню вибору технології обробки приділяється сьогодні велика увага. Йдуть широкі дискусії про переваги і недоліки відвальної і безвідвальної, глибокої, дрібної, поверхневої обробки ґрунту і нової енергозберігаючої технології «прямого посіву» (no-till). Метою, яку переслідують різні технології обробітку ґрунту, є зміна його щільності, яка визначає умови розвитку ґрунтової біоти, розвитку кореневої системи вирощуваних на ній рослин, накопичення і збереження ґрунтової вологи.

За глибиною рівноважної щільності орного горизонту всі ґрунти діляться на 4 види, маючи можливість знаходження в одному з варіантів стану. Визначити спосіб і глибину обробки можна по складанню щільності ґрунту по горизонту [6].

Вивчення впливу щільності ґрунту на його родючість показало, що оптимум для більшості сільськогосподарських культур на різних ґрунтах знаходиться в межах 1,1-1,3 г/см³. Оптимальна щільність повинна бути диференційованою по глибині орного шару: зверху пухкою до 5-7 см для ярих і озимих колосових зернових культур, а для крупносім'яних (кукурудзи,

гороху, соняшнику) до 7-10 см з щільністю цих шарів 0,98-1,04 г/см³, твердістю 0,8-1,3 кг/см² і загальною пористістю 60-63%. Нижче розпушених шарів для кукурудзи і гороху оптимальна щільність становить 0,9-1,1 г/см³; ярих колосових (ячменю, ярої пшениці) 1,0-1,2 г/см³; озимих (пшениця, жито) 1,1-1,3 г/см³ при загальній пористості цих шарів відповідно рівній 58-62; 51-58; 54-61% [7].

При ущільненні ґрунту порушується його повітрообмін, в 1,2-1,6 рази знижується виділення двоокису вуглецю. Зі збільшенням щільності ґрунту від 1,25 до 1,40 г/см³ зменшується добовий приріст сухої речовини в 1,5-2 рази, а надходження в рослину азоту – в 1,5-1,7 рази. Фенологічні і біометричні спостереження фази виходу в трубку показують, що на ділянках з щільністю ґрунту вище 1,35 г/см³, а при внесенні азотних добрив більш 100 кг/га рослини набувають ознак нестачі азоту, які проявляються в світло-зеленому забарвленні листя.

Оптимальні агрофізичні параметри орного шару можна надати і надалі регулювати за допомогою систем зяблевої і передпосівної обробок. При польових роботах в весняний період, здійснювати поверхневу обробку комбінованими агрегатами з суміщенням посіву сільськогосподарських культур, тому що при глибокій обробці порушується необхідне складання орного шару, що призводить до збільшення випаровуваної води і погіршення ґрунтових умов для рослин.

Але поряд з агрофізичними властивостями ґрунту, також необхідно враховувати фактори впливу різних обробок на харчовий, водний режим, і забур'яненість полів.

Накопичення осінньо-зимових опадів основного обробітку ґрунту в певній мірі можна регулювати способами і глибиною обробки [8].

Глибина обробки сприяє більшому накопиченню вологи на оструктурених ґрунтах. Вплив способу обробки на збереження весняних опадів залежить від ступеня залісіння полів. При гарній розвиненості лісосмуг, завдяки яким сніг не зноситься вітрами і розташовується

рівномірно, весняних запасів води залишається більше на оранці з попереднім луценням стерні, ніж після безвідвальної і дрібної обробок. На полях з невеликим і нестійким сніговим покривом при глибокому чизелюванні ґрунту збільшується снігонакопичення, водні запаси в метровому шарі більше на 12-20 мм в порівнянні з відвальною оранкою [7].

Збереження і розташування у верхньому шарі ґрунту пожнивних і кореневищних залишків сприяють розкладанню їх не в усьому орному горизонті, а в поверхневому, де відбувається активація потенційної родючості ґрунту. Стерня та пожнивні залишки створюють сприятливі умови для накопичення осінньо-зимових опадів, виключають вітрову ерозію ґрунту, сприяють накопиченню ґрунтової вологи.

Однак, при поганому фітосанітарному стані полів з постійною безвідвальною або «нульовою» обробкою, збільшується засміченість полів, вимагаючи підвищених витрат на засоби хімічного захисту, що не спостерігається при відвальній оранці [9]. При обороті ґрунтового пласта поживні елементи рослин розподіляються рівномірно в орному шарі, а при безвідвальній технології обробітку ґрунту значна їх частина міститься у верхньому шарі до 0,1 м, що в цілому покращує живлення фтором і калієм сходів рослин.

На жаль, останнім часом забули про такий ефективний агроприйом як щілювання. Цей спосіб обробки сприяє накопиченню осінніх зимових опадів, знижує пошкодження від притертою крижаної кірки озимих культур і підвищує аерацію ґрунту під багаторічними травами [9].

Узагальнення результатів дозволяє зробити певні висновки і рекомендації з питань глибокої обробки ґрунту традиційними знаряддями:

- Вибір способів і глибини обробітку ґрунту визначається агрофізичними станом орного шару.
- Оранка – ефективний прийом для закладення органіки і бур'янів, враховуючи пошарове розташування мікроорганізмів і енергетичні витрати

на переміщення ґрунту, найбільш раціональна величина обороту пласта 10-15 см.

- Найкращі умови для проростання рослин створюються без обороту ґрунтового шару, або при його обороті на глибину не більше 15 см задовго до посіву (більше 2-3 місяці).

- Безвідвальне розпушування ґрунту на полях з невеликим, нестійким сніговим покривом і схильні до вітрових навантажень, сприяє збільшенню снігонакопичення, активізації потенційної родючості в поверхневому шарі.

- Вибір раціональної основної осінньої обробки ґрунту визначається з урахуванням конкретних умов кожного поля.

Якщо на вибір технологій основного обробітку ґрунту дивитися з позиції ресурсозбереження, доцільніше поєднувати відвальний і безвідвальний способи, які виконуються робочими органами з комбінованими робочими органами. Адже при збільшенні глибини відвальної оранки плугом на 1 см підвищує енергоємність на 5 ... 7% [10].

Так само, розглядаючи основний обробіток ґрунту з точки зору агрономічного аспекту, його раціональніше виконувати по пошаровій технології [1, 8, 10]. При даній технології верхній родючий орний шар піддається відвальній оранці, а нижній піддається об'ємному розпушуванню без виносу на денну поверхню.

Для обробки ґрунту з оборотом, закладенням пожнивних залишків, закладенням на дно борозни органічних і сидеральних добрив і кришенням пласта, використовують технологію відвальної оранки. Також, виключаючи біологічний і хімічний вплив, що впливає на екологію навколишнього середовища, оборот ґрунтового шару сприяє механічному знищенню шкідників і бур'янів культурних рослин.

Завдяки використанню технологічного процесу відвальної оранки з'являється можливість регулювати процеси життєдіяльності мікрофлори і мікрофауни, поліпшити водно-повітряний і поживний режими, підтримати і підвищити родючість з накопиченням і збереженням запасів вологи. Але

недоліком даної технології обробітку ґрунту є порушення структури ґрунту, які обумовлюють результатом обороту орного шару [8, 10].

Обробку полів за технологією відвальної оранки виконують на полях з ухилом не більше 8 градусів і висотою стерні не більше 25 см. Відвальна оранка застосовується на різних за фізико-механічним складом ґрунтах. Твердість оброблюваного шару не повинна перевищувати 4 МПа, вологість 15-70% від повної польової (до 28% абсолютної вологості), і питомим опором 0,04-0,1 МПа [11]. Рекомендовані параметри площі оброблюваного поля починаються від 3 га з довжиною гонів від 100 м, кришеним з переважанням фракцій грудок від 0,1 см до 5 см не менше 75%. Пожнивні залишки, добрива і бур'яни повинні бути закладені на глибину не менше 12-15 см від поверхні ріллі (з урахуванням пухкості). Пожнивні і рослинні залишки закладаються не менше ніж на 97%, рівномірність ходу знаряддя по глибині не більше ± 2 см, і шириною $\pm 10\%$. Поверхня обробленого поля повинна бути рівною, без огріхів, з висотою поверхневих гребенів 3-5 см. Глибина обробки на ґрунтах з малим гумусовим шаром становить 12-20 см, а великим до 30 см [11].

З метою зниження і збереження водної та ерозійної стійкості ґрунту, кількість ерозійно-небезпечних частинок розміром менше 0,1 см не повинно збільшуватися, а оранка виконуватися поперек схилів з нарізкою на глибину до 15 см підорних борозен.

Застосування безвідвальної технології обробітку ґрунту захищає оброблюваний шар від водної та вітрової ерозії за рахунок заміни обороту ґрунтового пласта глибоким розпушуванням зі збереженням стерні.

До переваг даної технології відносяться: збереження структури ґрунту, запобігання ерозійних процесів, підвищення накопичення гумусу без порушення природного покриву поля при впливі робочих органів машин. Недоліками є складність боротьби з бур'янами і проблема внесення органічних добрив.

Безвідвальну обробку ґрунту виконують за допомогою плоско різного розпушування з підрізуванням кореневищ бур'янів, або чизельне розпушування, при якому утворюються незруйновані гребені над дном борозни і розпушений шар над гребенями переуцільненої площини з недорізом пласта по ширині захвату [9, 12].

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що показники якості по агротехнічним вимогам відповідатимуть при оброблюваній вологості до 30% і твердості до 4 МПа. При виході за межі цих параметрів робота відвальних і безвідвальних ґрунтообробних знарядь буде не відповідати агротехнічним вимогам.

1.2. Аналіз конструкцій і класифікація робочих органів для основного обробітку ґрунту

Найбільш енергоємною операцією в сучасній системі землеробства є основний обробіток ґрунту. Але формування майбутнього врожаю визначається його якісним і своєчасним виконанням. Різноманітність сучасних способів обробітку ґрунту варіює від відвальної оранки до прямого посіву в необроблений ґрунт. Деякі способи представлені класифікацією робочих органів для основного обробітку ґрунту в табл. 1.1.

Удосконалити робочий орган і підійти до оптимальної схеми обробки ґрунту, що забезпечує одночасно агротехнічні вимоги і зниження енергетичних витрат, можливо за допомогою вивчення взаємозв'язків між робочим органом і оброблюваним ґрунтом, аналізи фізичної суті відбуваються в процесі основного обробітку ґрунту явищ.

Удосконалення відвальних знарядь довгий час йшло по шляху вдосконалення форми відвалу. На частку відвалу доводиться 10-15% всіх енерговитрат. Тому підвищення вимог до енергозбереження викликало трансформацію лемішно-відвальних в менш енергоємні долото-відвальні знаряддя.

Таблиця 1.1 – Особливості робочих органів для основного обробітку ґрунту

Відвальна обробка			Безвідвальна		Фрезерування		Комбінована	
Типи робочих органів								
Загального призначення	Спеціальні	Для гладкої оранки	Чизельні	Проскорізні	Активні	Пасивні	Робочі органи модульного типу	Багатоопераційні агрегати
Корпус плуга: культурний; напівгвинтовий; швидкісний; гвинтовий; дисковий; циліндричний; з дисковим відвалом; прутковий; щілевий; з рихлюючими елементами; з довертачем	Корпуса плуга: ярусного; чагарниково-болотного; плантажного; виноградного; садового; лісного; меліоративному; для кам'янистих ґрунтів	Корпус плуга: лінійного; фронтального	Рихлювач чизельного плуга: щілеріз; кротувач; комбінована полільна лапа; дискова полільна лапа; лапа з шнекоподібним рихлювачем; долотоподібний рихлювач; пруткова полільна лапа	Корпус для безвідвальної оранки; плоскорізна лапа	Робочий орган ротаційного плуга; фрезерний рихлювач; фрези для суцільного обробітку ґрунту; комбіновані фрези		Відвальний корпус з ґрунтозаглиблювачем; робочий орган ПРУН; робочий орган ПБС; робочий орган РАНЧО; запропонований робочий орган	Рядне розташування робочих органів для виконання різних операцій

Всі варіанти обробки ґрунтів сприяють розуцільненню підорного горизонту з руйнуванням «плужної підшви», що сприяє вологонакопиченню в нижніх шарах і водопроникності та аерації в верхніх шарах ґрунту [13]. Розглянемо ці варіанти.

1. Розпушування або щільювання (рис. 1.1).

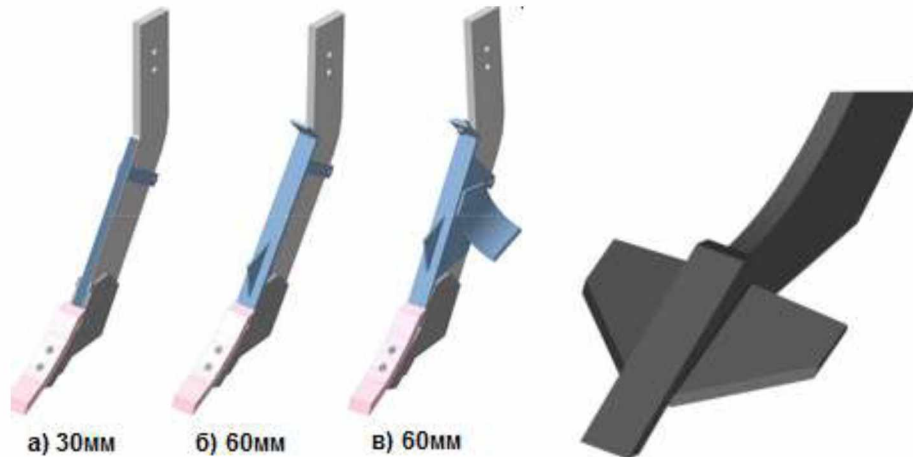


Рисунок 1.1 – Розпушування або щільювання

Безвідвальне (чизельне) розпушування ґрунту поглиблює орний горизонт на глибину 30 ... 45 см. Варіант забезпечує поліпшення зрошуваних, солонцевих і схилових земель.

2. Мульчування з розпушуванням (рис. 1.2).

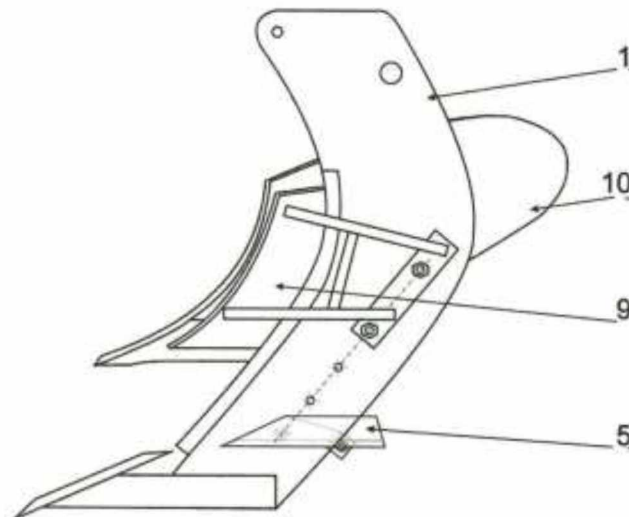


Рисунок 1.2 – Мульчування з розпушуванням

Комбінована обробка незадернілих ґрунтів, з оборотом пласта на глибину 10 ... 20 см і одночасним розпушуванням на глибину 30 ... 45 см.

Даний варіант найкращий при обробці ґрунтів під просапні і овочеві культури, чистий пар.

3. Відвальна оранка з розпушуванням (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Відвальна оранка з розпушуванням

4. Двох'ярусна відвальна оранка з розпушуванням (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Двох'ярусна відвальна оранка з розпушуванням

Малий корпус «М» працює як передплужник, а великий корпус «Д», закладає пожнивні залишки і розпушує ґрунт до 45 см без утворення плужної підшви.

1.3. Аналіз теорій розпушування ґрунтового пласта

Будь-який технологічний процес, який здійснює механічну обробку ґрунту, відбувається у вигляді взаємодії робочого органу з оброблюваним

матеріалом. Тому, властивості оброблюваного матеріалу і форма робочого органу мають свій вплив на характер цього процесу [14].

Вивчаючи ґрунт як об'єкт, який взаємодіє з розташованими в ньому робочими органами, представляємо його у вигляді пружного, сипучого, суцільного і твердого деформованого середовищами, що визначають надалі процес його обробки.

При впливі робочого органу на ґрунт, що визначається як «сипуче середовище», утворюється поверхня ковзання [14]. Умови руйнування при цьому визначаються згідно із законом Кулона-Мору, з розглядом сколотого «блоку ґрунту» як абсолютно твердого тіла (рис. 1.5) [15].

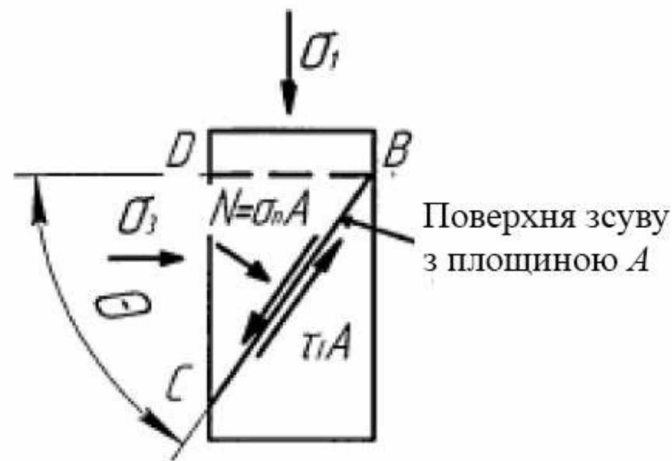


Рисунок 1.5 – Модель Кулона-Мора до визначення руйнування при зсуві

У зв'язку з цим для визначення прикладеного (осьового) напруження σ_1 було отримано такий вираз:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{1}{2} \varphi \right) + 2 \cotg \left(45^\circ + \frac{1}{2} \varphi \right), \quad (1.1)$$

де σ_3 – радіальне напруження, МПа;

φ – кут зсуву ґрунту, град.

Завдання, що визначає поверхню руйнування, вирішується по теорії граничної рівноваги, не розкриваючи питання переміщення всередині сколотого блоку частинок деформації ґрунту. У рішенні задач, застосовуючи

пружну модель і ґрунтуючись на теорії пружності при механічній обробці, допускаємо, що ґрунт є суцільним середовищем з пружними і оборотними властивостями [9, 14, 15].

Величезне значення руху пласта по поверхні корпусу плуга надавав академік В.П. Горячкін, основоположник землеробської механіки [16]. Він вважав, теорія міцності О.Мора більшою мірою прийнятна для розрахунків граничного напруження стану ґрунту. Але за допомогою експериментальних досліджень було встановлено, що рівняння О.Мора зусилля на зрушення пласта, визначає тільки частина напруги опору різання [17].

Шарль Кулон в 1776 р визначив модель, що згодом широко застосовується для опису руйнування зсуву при фізичному її описі. Для виникнення даного процесу вченим були встановлені наступні вимоги:

1. Зусилля зсуву повинно долати в площині руйнування зчеплення ґрунтових частинок;
2. Зусилля зсуву повинно долати силу тертя при переміщенні поверхонь відносно один одного.

Для розрахунків напруги зсуву ґрунту пропонувалася наступна формула:

$$\tau_f = c + \sigma_n \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.2)$$

де τ_f – необхідна напруга зсуву ґрунту, МПа;

c – сила зчеплення, яка припадає на одиницю площі, МПа;

σ_n – нормальна напруга на площині розриву, МПа;

φ – кут зсуву ґрунту, град.

Аналіз показує, що в процесі руйнування ґрунтового пласта основну роль виконує утворення випереджаючої тріщини, а пластичні деформації, у яких швидкість поширення є важливим показником, передують її появі.

Подання ґрунтової моделі у вигляді суцільної пружного середовища в повному обсязі не дозволяє пояснити і розкрити багато моментів, що відбуваються в процесі її обробки. Немає пояснення виникненню при цьому кришення і зниження щільності ґрунту. Найчастіше утруднене і неможливо

за наявних диференціальних рівнянь побудова траєкторій руху ґрунтових частинок [18].

Співвідношенням між тензорами деформацій, напружень і часом, характеризують властивості ґрунту суцільним деформованим середовищем. Ця закономірність добре простежується за моделями напруження – деформація на рис. 1.6.

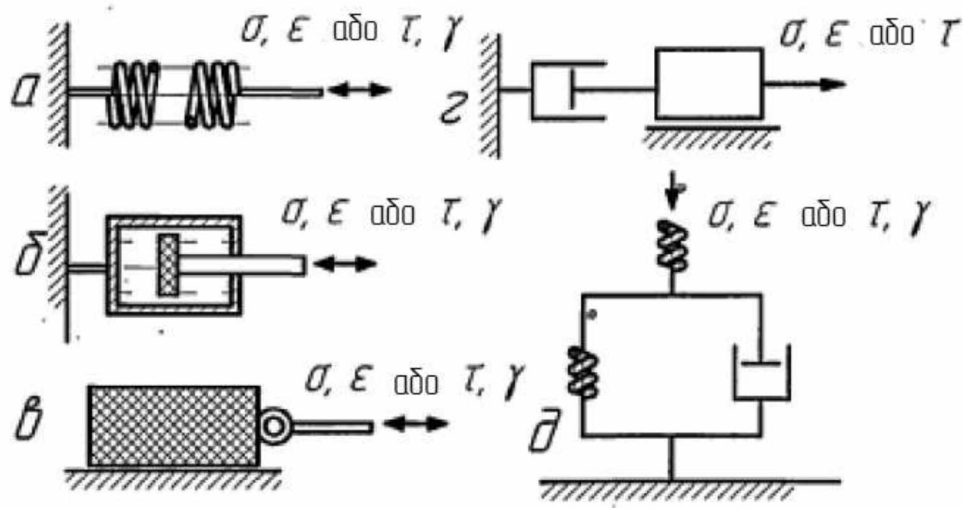


Рисунок 1.6 – Моделі напруження-деформація

При збільшенні швидкості деформації, йде підвищення опору руйнуванню ґрунту:

$$\sigma_s = \sigma_{so} + K \ln \frac{v}{v_0}, \quad (1.3)$$

де σ_{so} – тимчасовий опір при швидкості деформації v_0 , МПа;

v – максимальна швидкість деформації, м/с;

K – коефіцієнт пропорційності;

v_0 – початкова швидкість деформації, м/с.

Деякі дослідники пояснюють це явище як опір переміщенню по капілярах і проміжків рідкої і газоподібної фаз, але багато вчених визначають це збільшенням витрат на внутрішню зміну міжагрегатних станів і повідомлення ґрунтовим часткам кінетичної енергії, що в дійсності можна виявити за допомогою реологічні моделі ґрунтів.

Але при всій різноманітності реологічних моделей, вони все ж не можуть відображати реальних властивостей ґрунтів. Більшість рівнянь реологічних моделей зводяться до експоненціальних кривих повзучості, значно обмежуючи діапазон їх застосування, створюючи певні складності для розрахунків.

Висновки і завдання досліджень

Порівнюючи знаряддя і робочі органи для глибокої обробки ґрунту з аналізом їх конструктивних і технологічних особливостей, можна зробити висновки, що:

- працюючи по відвальній технології обробітку ґрунту, рослинні та пожнивні залишки, органічні та сидеральні добрива закладаються на дно борозни, завдяки чому знижується засміченість поля. Але при цьому, згодом утворюється плужна підшва, погіршуються пошарові біологічні процеси і порушується структура ґрунту;

- застосування безвідвальної технології обробітку ґрунту плоскоріжучими робочими органами, дозволяє зберегти структуру ґрунту. Пожнивні рештки залишаються на поверхні поля, знижуючи дефляційні процеси, але відсутня можливість закладення внесених добрив. Підвищується засміченість поля за рахунок підрізання бур'янів на великій глибині. Утворюється плужна підшва;

- виконання безвідвальної технології обробітку ґрунту чизельними робочими органами дозволяє позбутися від наслідків пов'язаних з утворенням плужної підшви і розмноження кореневих бур'янів, але вона має недоліки, пов'язані з відсутністю можливості обороту пласта;

- об'єднання технологічних операцій чизелювання і відвальної оранки в одну, дотримуючись агротехнічних вимог, дає можливість домогтися нового результату якості обробки ґрунту і підвищити її ефективність.

Завдання:

1. Провести аналіз можливих комбінацій об'єднання чизельної і відвальної технологій глибокої обробки ґрунту;
2. Удосконалити технологічний процес глибокого обробітку ґрунту і вдосконалити комбінований робочий орган;
3. Теоретично обґрунтувати конструктивну схему і параметри комбінованого робочого органу для глибокого обробітку ґрунту.
4. Провести експериментальні дослідження технологічного процесу глибокої обробки ґрунту.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Планування факторного експерименту

Вивчаючи складні процеси і явища, в яких на зміну умов роботи буде впливати безліч факторів, ставиться завдання оптимізації цих процесів. Зміна факторів змінює результат їх впливу на об'єкт, а значить, і на оптимізовану величину. Таким чином, оптимізована величина (параметр оптимізації) відповідає якійсь одній з вихідних змінних керованої системи або їх комплексу, а фактори – вхідним змінним [20]. Вирішуються подібні завдання при недостатньому знанні системи розглянутих явищ, які неможливо досліджувати аналітичними методами.

Спочатку, плануючи експеримент, головним завданням зазвичай ставиться отримання статичної математичної моделі рівняння регресії першого або другого ступеня. Побудова математичної моделі в загальному вигляді зводиться до наступного:

- попередньо вивчається досліджуваний об'єкт;
- проходить вибір параметра оптимізації, підбираються фактори, сукупність яких визначає число дослідів і за їх результатами будується модель;
- модель оцінюється на адекватність, проводиться її інтерпретація (розпізнавання геометричного вигляду моделі);
- проводиться оптимізація досліджуваного процесу за допомогою створеної моделі, далі обґрунтовуються його технологічні режими роботи і конструктивні параметри.

Варіаційний, регресійний і дисперсійний аналізи мають велике значення при постановці факторних експериментів. Рівні одного фактора

поєднуються з рівнями всіх інших факторів в складному факторному експерименті.

Під рівнями факторів розуміють значення їх величин, які приймають при варіюванні в експерименті, а чинники впливають на значення відгуку – результату досвіду, залежить від них.

Залежно від застосовуваних приладів (їх системи, класу і т. д.) і повторності вимірювань одних і тих же величин характеризується поняття точності (помилки). Виходячи з надійності, рівень кількості дослідів яких беруть зазвичай в межах від 0,5 до 0,999.

Щоб отримати більш точні результати надійність дослідів N приймемо рівною 0,95. Повторність визначається, використовуючи граничну помилку дослідів рівну 5%. Визначимо за такою формулою кількість дослідів при якісній мінливості двох ознак:

$$n = \frac{pqt^2}{S_p^2}, \quad (2.1)$$

де t – критерій Стюдента для прийнятого рівня ймовірності ($t_{0,5} = 2$);

p і q – частка ознаки, чисельно рівні відношенню сприятливих і несприятливих випадків;

S_p – гранична помилка при визначенні частки ознаки (за наведеними даними 2%).

Поверхню відгуку в факторному просторі апроксимують поліномом виду і будується повне квадратичне рівняння регресії:

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2, \quad (2.2)$$

де x_i - незалежні фактори, що впливають на параметр оптимізації;

B_i, B_{ij}, B_j – коефіцієнти регресії.

Середня арифметична буде розраховуватися за формулою:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \quad (2.3)$$

де x – сума всіх варіантів;

n – число варіантів.

За допомогою отриманої математичної моделі з факторами в кодованих значеннях можна оцінити їх ступінь впливу на параметр оптимізації (при суттєвості коефіцієнтів рівняння регресії).

Далі проводиться статистична обробка та встановлення значимості коефіцієнтів регресії з метою з'ясування ступеня достовірності відмінності коефіцієнтів від нуля, перевіряється, вказує даний фактор на змінну.

Незначна відмінність значення коефіцієнта регресії від нуля буде в тому випадку, якщо цього впливу немає. Знаходиться дисперсія відтворюваності результатів експерименту з метою проведення статистичного аналізу. У точках плану дисперсії паралельних дослідів повинні бути порівнянні між собою.

Так як число повторюваностей в кожному досліді однакове, то проведемо за наступною схемою повний статистичний аналіз, і підрахуємо підрядкові дисперсії за такою формулою:

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (2.4)$$

де j – порядковий номер паралельного досвіду в даній точці плану матриці;

$(n-1)$ – число паралельних спостережень в точках плану матриці.

Тоді знайдемо за формулою середньоквадратичне відхилення S (стандарт):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (2.5)$$

Визначимо коефіцієнт варіації v , що представляє собою відношення стандарту до середнього арифметичного за допомогою формули:

$$v = \frac{S}{\bar{x}}. \quad (2.6)$$

Помилка вибірки $S_{\bar{x}}$ дорівнює:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{S^2}{n}}. \quad (2.7)$$

Тоді, знайдемо відносну помилку середньої дисперсії за формулою:

$$S_{\bar{x}\%} = \frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100\%. \quad (2.8)$$

Значення критерію залежить від прийнятого рівня значущості і від числа проведених дослідів.

2.2. Методика визначення основних фізико-механічних характеристик ґрунту

Твердість, вологість, подрібнення ґрунту, рівномірність глибини обробки, вирівняність поверхні поля, повнота закладення рослинних залишків і коефіцієнт тертя ковзання сталь – ґрунт були взяті за основні параметри, здатні охарактеризувати стан оброблюваної ґрунту.

Твердоміром Ревякіна з триразовим повторенням визначалася твердість ґрунту.

За відомими методиками проводилося опрацювання твердограм [21].

Середня твердість визначалася як:

$$p = \frac{h_m k}{S_{\text{плунжера}}}, \quad (2.9)$$

де h_m – середня ордината діаграми твердоміра, см;

k – калібр (жорсткість) пружини, Н/см;

$S_{\text{плунжера}}$ – площа поперечного перерізу плунжера, см².

Використовуючи бюкси, кожна з яких попередньо зважувалася і нумерувати в їх незаповненому стані, визначалася вологість ґрунту. Вага кожного бюкса при визначенні початкової вологості ґрунту визначалася на контрольних вагах і записувалася під своїм номером.

У сушильній шафі до постійної маси сушили пробу при 100 ... 105°C. Перша сушка тривала 3 год., потім протягом 30 хвилин проба охолоджувалася, а через 1 годину проводилася контрольна сушка. Далі 30 хв.

проби охолоджувалися і проводилося їх зважування. Після повторної сушки розбіжність в масі допускаються не більше: 0,05 г при високій вологості, 0,03 г при середній і низькій вологості 0,003 г. При зважуванні на аналітичних вагах. Зважування на наступний день не допускається.

За наступним виразом визначався вміст води (абсолютна вологість) в ґрунті W %:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_1} 100\%, \quad (2.10)$$

де m_1 – маса бюкса з вологою пробою ґрунту, г;

m_0 – маса порожнього бюкса з кришкою, г;

m_2 – маса бюкса з сухою пробою ґрунту, г.

Обчисливши для кожного бюкса процентний вміст вологості ґрунту визначалося середнє значення початкової вологості (W_{cp}).

Для проведення лабораторних досліджень оптимальне значення вологості ґрунту повинно знаходитися в діапазоні 20...22% [21].

За допомогою лінійки і щупа з інтервалом 1 м по ходу руху робочого органу не менш ніж в 25 точках визначалася, а в подальшому коректувалася в процесі проведення досліду рівномірність повної глибини обробки. Рекомендоване відхилення від середньої глибини оранки становить $\pm 0,02$ м.

За цією формулою визначалося чисельне значення повноти закладення рослинних залишків:

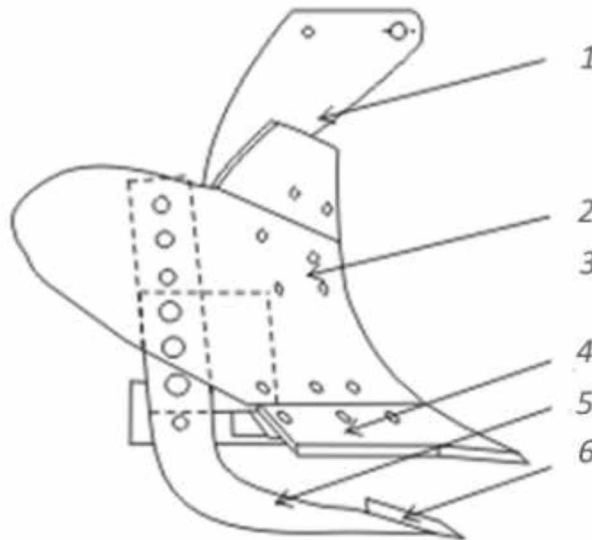
$$Z_{po} = \frac{M - M_i}{M}, \quad (2.11)$$

де M – маса рослинних залишків на дослідній ділянці поля до проходу агрегату, кг;

M_i – маса рослинних залишків на дослідній ділянці поля після проходу агрегату.

2.3. Методика проведення експериментальних досліджень

Для визначення якісних і енергетичних показників ресурсозберігаючого технологічного процесу основного обробітку ґрунту був використаний плуг загального призначення типу ПЛН з експериментальними комбінованими робочими органами (рис. 2.1).



1 – стійка; 2 – відвал; 3 – проставка; 4 – леміш; 5 – стійка розпушувача;
6 – долото

Рисунок 2.1 – Схема комбінованого робочого органу

В експериментальних дослідженнях для агрегування плуга ПЛН-4-35 з експериментальними комбінованими робочими органами застосовувався трактор МТЗ-1221.

На корпус серійного плуга ПЛН-4-35 встановлювався розпушувач (рис. 2.2).

З метою досягнення оптимальних умов роботи плуга ПЛН-4-35 з комбінованими робочими органами були перевірені на працездатність різні варіанти і форми розпушувачів та їх кріплення (рис. 2.3). Розпушувачі 1, 2, 3 кріпилися на стійку відвального корпусу. На кожному з варіантів застосовувалася своя форма долота. Для проведення дослідів з тензометрування використовувався розпушувач 4 виконаний в посиленому

варіанті з можливістю установки на стійку відвального корпусу через проставлення для полегшення монтажу-демонтажу.



1 – корпус ПЛН-4-35, 2 – розпушувач

Рисунок 2.2 – Робочий орган експериментального плуга

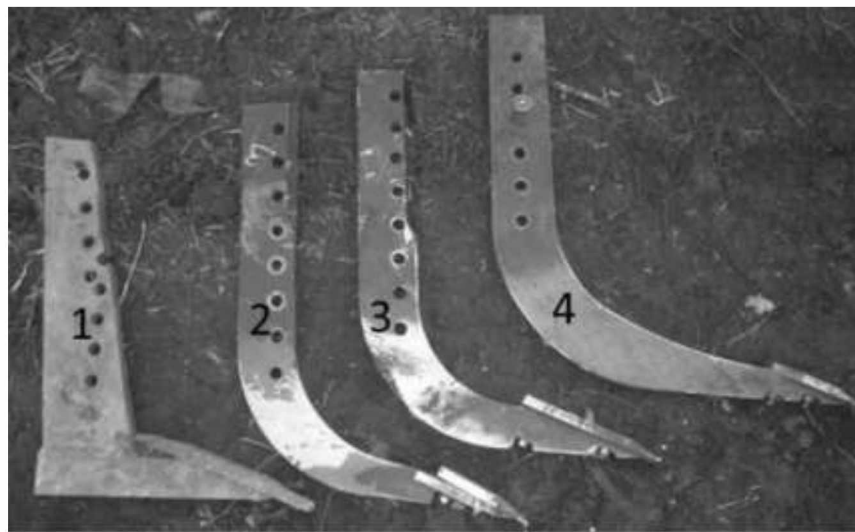


Рисунок 2.3 – Макетні зразки використаних розпушувачів

При проведенні експерименту для запису силових впливів на робочі органи використовувалася інформаційно-вимірювальна система модуль Е-14-440-АЦП / ЦАП на шину USB. Модуль Е14-440 – це універсальний пристрій для введення, виведення і обробки аналогової і цифрової інформації, що містить процесор, що дозволяє реалізовувати свої власні алгоритми при обробці сигналів.

Поверхня стійки і розпушувача робочого органу, на які були наклеєні тензодатчики, була ретельно очищена від фарби, бруду та корозії. Дрібнозернистим зачисним диском були усунені глибокі штрихи на оброблюваних поверхнях. Тензодатчики клеїлися на клей марки БФ, а після закриті целофаном і притиснуті вантажем при нормальній температурі сушилися три доби. Перед проведенням експерименту в лабораторних умовах було проведено калібрування датчиків встановлених на робочих органах.

Результати експериментальних досліджень оброблялися з використанням загальноприйнятих методик [21], методів математичної статистики і комп'ютерної програми AgCStat надбудови Microsoft Excel для статистичної оцінки та аналізу результатів польових і лабораторних дослідів.

За допомогою методик багатофакторного експерименту були отримані критерії оптимізації впливу навантаження на робочі органи при різній їх компоновальною схемою.

Висновки

1. Приведена методика формування факторного експерименту.
2. Використана методика визначення основних фізико-механічних характеристик ґрунту.
3. Запропонована методика проведення експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз технологічного процесу основного обробітку ґрунту

З метою здійснення аналізу можливих комбінацій технологічного процесу безвідвальної (чизельної) обробки ґрунту, виконуваної долотом розпушувача і технологічного процесу відвальної обробки ґрунту, виконуваної корпусом лемішно-відвального плуга, кожну з технологій представимо у вигляді блоку, а схеми зобразимо на рис. 3.1 і 3.2 [11, 22].

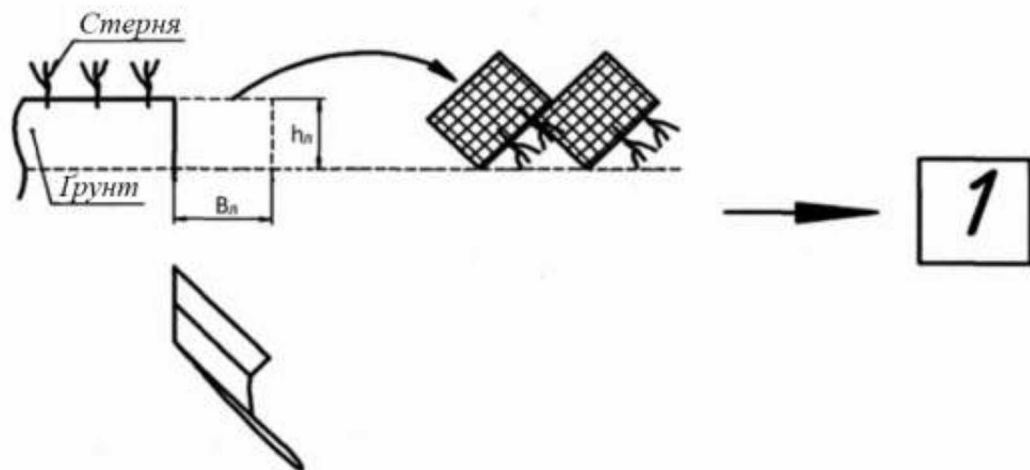


Рисунок 3.1 – Схема відвальної технології обробітку ґрунту

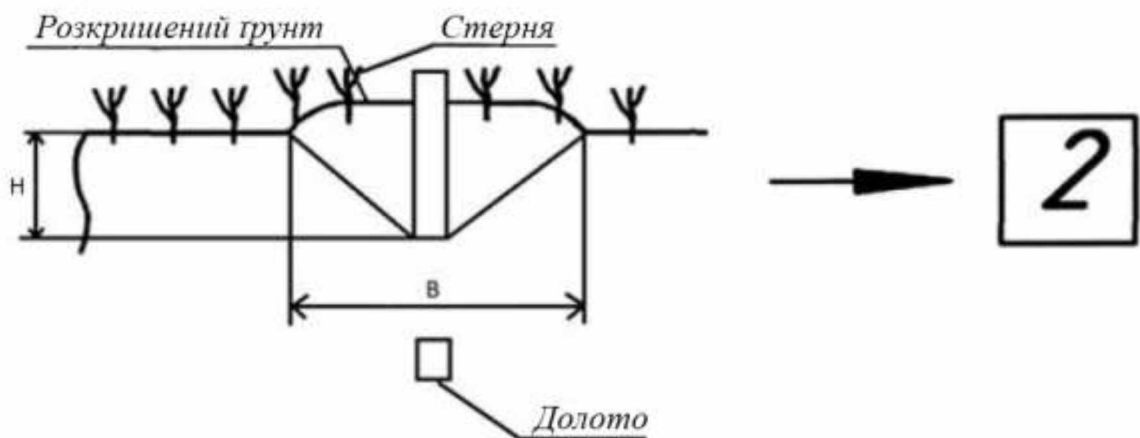
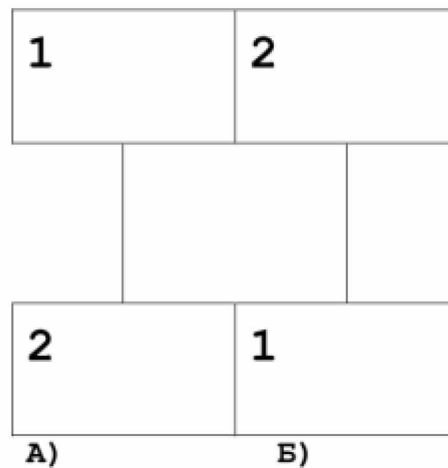


Рисунок 3.2 – Схема безвідвальної (чизельної) технології ґрунту

Дотримуючись агротехнічні вимоги і задаючи однакову глибину обробки ґрунту, можна домогтися зниження енергоємності процесу технології основного обробітку ґрунту за рахунок комбінації відвальної (рис. 3.3.) і безвідвальної обробок ґрунту, при цьому зберігаючи її структуру із закладенням рослинних і поживних залишків в орний шар.



1 – умовне позначення технологічного процесу відвальної обробки; 2 – умовне позначення технологічного процесу чизельної обробки; А), Б) – варіанти виконання технологічних процесів

Рисунок 3.3 – Схема комбінацій технологічних процесів глибокої комбінованої обробки ґрунту

Розглянемо їх комбінацію розташування, використовуючи прийняті умовні позначення технологічних процесів.

Для цього шар ґрунту глибиною H слід у вертикальній площині розділити на дві частини. Верхню частину оброблюваного шару необхідно кришити і обертати, а нижню тільки рихлити.

Проведемо аналіз можливих комбінацій безвідвальної і відвальної обробки ґрунту, виконуючи їх технологічні процеси послідовно.

Згідно варіанту А) проводиться відвальна з подальшою безвідвальною чизельною обробки ґрунту. Даний технологічний процес здійснюється відвальним корпусом з ґрунтопоглиблювачем, але при роботі відвального

корпусу в необробленому ґрунті і несиметричного розпушування чизель дна борозни розкритої відвалом, відбудеться підвищення неврівноваженості плуга в горизонтальній площині, питомої тягового опору і енергоємності.

За варіанту Б) перед відвальною спочатку проводиться безвідвальна чизельна обробка. При даній розстановці робочих органів енергетика об'ємного розпушування від долота значно менша площинного різання лемешем, корпус буде переміщати і обертати вже розкришений ґрунт.

Аналіз схем на рис. 3.3 виявив, що для реалізації технологічного процесу слідуючи схемою рис. 3.3, б з найменшими енергетичними затратами на обробку ґрунту, необхідно центр деформації ґрунту від долота поєднати з центром ширини захвату відвального корпусу.

Використовуючи схему комбінацій на рис. 3.3, з урахуванням рис. 3.1 і 3.2, розглянуті дві схеми: з класичним ґрунтопоглиблювачем (рис. 3.4, а) і з розробленим робочим органом (рис. 3.4, б).

При обробці ґрунту за класичною схемою (рис. 3.4, а1) спочатку проводиться вирізання пласта ґрунту перетином $h_n \times b$ відвальним корпусом з утворенням відкритої борозни (позиція 1), який кришиться і переміщається по відвалу з положення 1 в положення 2. Далі проводиться розпушування пласта ґрунту ґрунтопоглиблювачем (рис. 3.4, а2) на глибину h_2 (положення 3). При наступному проході відбувається вирізання пласта 4 відвальним корпусом (рис. 3.4, а3) і його переміщення з оборотом у відкриту розпушену попередню борозну 3, приймаючи положення 5. Після чого ґрунтопоглиблювачем рихлити пласт ґрунту 6 (рис. 3.4, а4). Надалі технологічний процес повторюється аналогічно попереднім операціям (рис. 3.4, а3-а4).

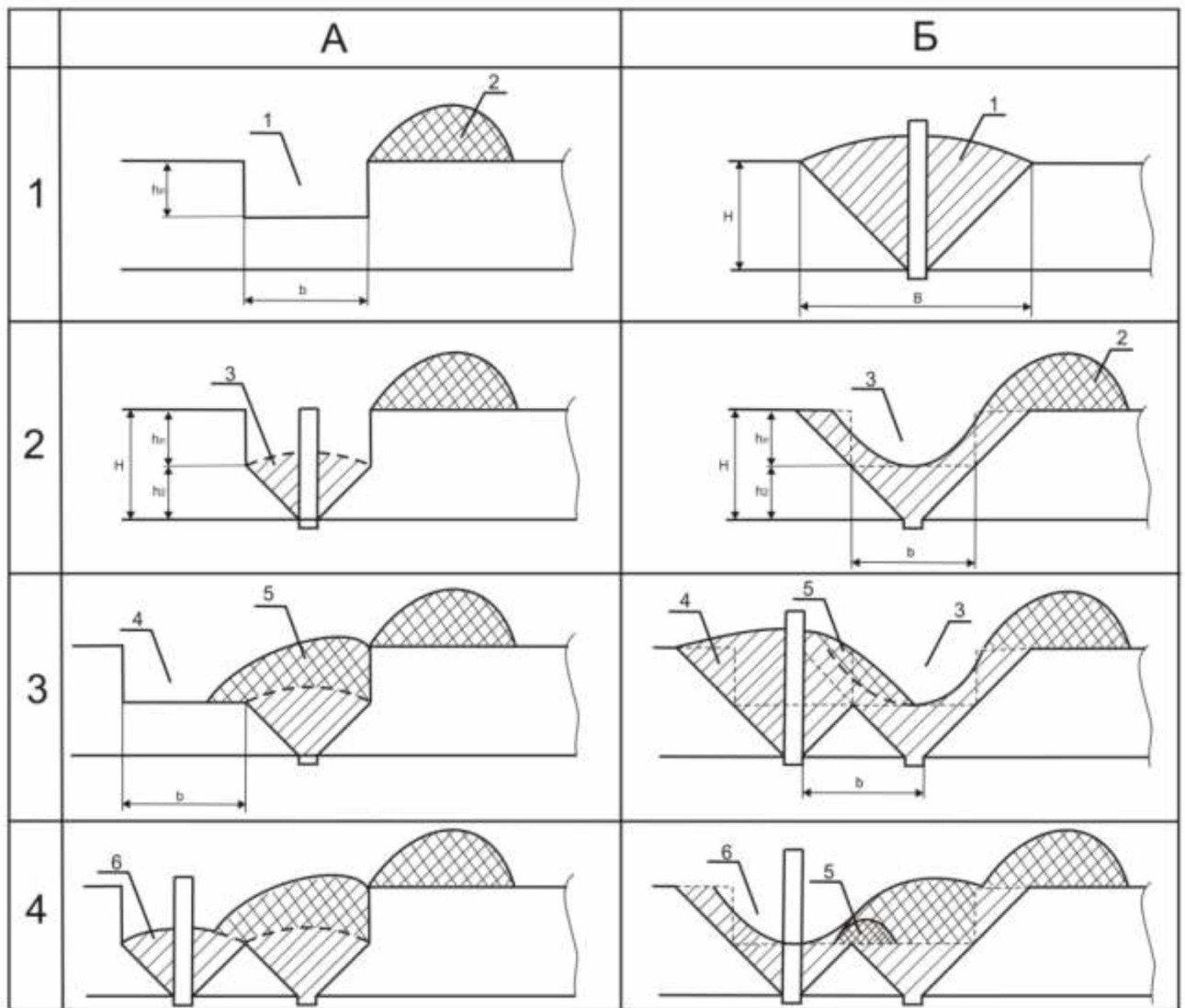


Рисунок 3.4 – Схема розробленого енергозберігаючого технологічного процесу основного обробітку ґрунту і з класичним поглибленням

При роботі знаряддя за схемою розробленого енергозберігаючого технологічного процесу (рис. 3.4, б1) спочатку проводиться вплив на пласт ґрунту чизелем, утворюючи розпушений ґрунт трикутної форми 1 з підставою B на поверхні і глибиною H , який потім частково переміщується відвальним корпусом в положення 2, утворюючи відкриту борозну 3 у вигляді лунки через осипання розпушеного шару (рис. 3.4, б2). При наступному проході чизелем проводиться розпушування пласта 4, що сприяє додатковому обвалення пласта ґрунту 5 (рис. 3.4, б3). Далі відвальним корпусом частина розпушеного пласта 4 переміщається з оборотом у

відкриту борозну 3, накриваючи собою раніше переміщений пласт 5 (рис. 3.4 б4), утворюючи відкриту борозну у вигляді лунки 6. Як наслідок, технологічний процес повторюється аналогічно попереднім операціям (рис. 3.4 Б3- Б4).

Аналіз схем (рис. 3.4 Б) технологічного процесу включає безвідвальну і відвальну обробки ґрунту, можна вважати ресурсозберігаючих, так як в першому розділі було встановлено, що енергоємність обробки ґрунту лемішно-відвальними плугами на 30-50% вище енергоємності безвідвальної обробки ґрунту чизельними знаряддями, що працюють на цій же глибині [20].

Застосування даних схем процесів дозволяє не тільки знизити витрати, але і поліпшити агротехнологічні і екологічні показники обробітку ґрунту.

За допомогою методу, що складається з представленого умовного символу блок-схеми, що об'єднує в єдиний технологічний процес окремі технологічні процеси відвальної і безвідвальної обробки ґрунту, зображення у вигляді послідовного з'єднання між собою робочих органів здійснюють дану технологію, виявлена найбільш раціональна комбінація, що зв'язує окремі технологічні процеси в єдиний, що сприяє забезпеченню зниження енергоємності основного обробітку ґрунту.

Використовуючи схему комбінацій відвальної і чизельної обробок, [13, 16] з урахуванням розстановки робочих органів на рамі знаряддя, нами пропонуються різні поєднання енергозберігаючих технологічних процесів основного обробітку ґрунту:

1. відвальна обробка ґранту;
2. деформація ґрунту від широкого долота ґрунтопоглиблювачами (об'ємне розпушування) з подальшим оборотом пласта на регульованій глибині роботи відвалу;
3. смугова деформація ґрунту від широкого долота (ґрунтопоглиблювач встановлюється не на всі відвальні корпусу) з подальшим «суцільним» оборотом пласта на регульованій глибині роботи відвалу;

4. деформація ґрунту від вузького долота ґрунтопоглиблювачами (щільювання) з подальшим оборотом пласта на регульованій глибині роботи відвалу.

3.2. Обґрунтування технологічної схеми та параметрів обробки ґрунту комбінованим робочим органом

У сільському господарстві в даний час в основному використовуються відвальний (оранка) і безвідвальний способи обробки ґрунту.

Перевага відвальної обробки полягає в якісному закладенні органічних добрив, поживних рослинних залишків, екологічно чистої боротьби з шкідниками, бур'янами та хворобами. Не менш ефективним є застосування відвалу обробки дуже твердих або швидко ущільнюючих ґрунтів [18].

У той же час, відвальна оранка має свої недоліки, пов'язані в основному з великими енерговитратами і утворенням плужної підшви. У зв'язку з чим, доцільніше використання технології комбінованої обробки ґрунту (рис. 3.5) [23].

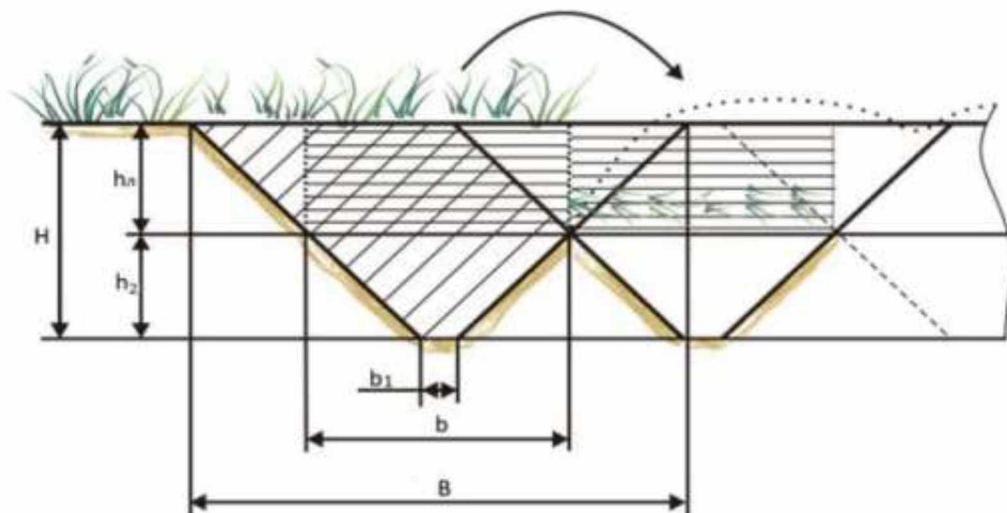


Рисунок 3.5 – Технологічна схема обробки ґрунту комбінованим ресурсозберігаючим робочим органом

При використанні даної технології кореневмісному верхньому шару орного горизонту ($h_1 = 0,10 \dots 0,15$ м) повинен добре обертатися і кришитися, піддаючись відвальній обробці, а нижній ($h_2 = 0,15 \dots 0,25$ м) об'ємному розпушуванню від долота чизеля.

Комбінована обробка ґрунту (виконувана на ту ж глибину, що і відвальна), забезпечує кращу водопроникність ґрунту і є менш енергоємною, створюючи для зростання культурних рослин найбільш сприятливі умови, сприяючи накопиченню гумусу, підвищуючи ерозійну стійкість поверхні поля.

Таким чином, в удосконаленні технології основного обробітку ґрунту одним з перспективних напрямків є відвальна оранка з одночасним розпушуванням підорного горизонту.

Вивчаючи і аналізуючи вищевикладений матеріал, стає ясно, що найбільш ефективними способами основного обробітку ґрунту є ті, які відповідають ґрунтозахисним технологіям і враховують ґрунтово-кліматичні умови.

Проблема збереження родючості з одночасним накопиченням і розподілом опадів по ґрунтовим горизонтам досі залишається невирішеною, що підтверджується величезною різноманітністю конструкцій робочих органів, що здійснюють основний обробіток ґрунту. Все це говорить про те, що їх оптимальної форми не знайдено. Тому стає необхідною розробка робочих органів, здатних забезпечувати більш якісний пошаровий обробіток ґрунту з найменшими енергетичними затратами, що відрізняються простотою конструкції і легкістю перестроювання для конкретних умов господарювання.

Якість оранки визначається конструкцією робочого органу, можливістю його технологічних регулювань і режимами роботи. Представлені робочі органи були досліджені і з урахуванням їх раціональних параметрів, що використовувалися при розробці нової конструкції комбінованого ґрунтообробного робочого органу.

Конструктивно-технологічна схема комбінованого робочого органу представлена на рис. 2.1.

Обґрунтовуючи конструктивну схему розроблювального робочого органу, перш за все, потрібно визначити відстань між носком лемеша відвального корпусу і долотом розпушувача. Долото створює локальний тиск на пласт. На його поверхні утворюється ядро-вал з ущільненого ґрунту випуклої форми, зрив якого викликає нерівномірність тиску, що і є джерелом деформації зсуву. Енергія, що накопичується на долоті, вивільняється через розломи (тріщини) у ґрунті, супроводжується її руйнуванням до необхідної грудкуватої структури [10]. Вивільнення енергії долота більш швидкоплинне щодо лемешу відвального корпусу, що проявляється у вигляді випереджаючого вала спученої ґрунту. Тому процес чизелювання менш енергоємний і більш екологічний внаслідок меншого його утримання і накопичення зі збереженням у вигляді плужної підшви.

З метою зниження енерговитрат зона деформації ґрунту l_1 у напрямку руху не повинна підпирати під лемешем. Таким чином, відстані між носком лемеша відвального корпусу і долотом розпушувача, визначається за формулою, і має бути не більше [22]:

$$L \leq l_0 + l_1 = l_0 + h_q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.1)$$

де l_0 – довжина вильоту носка розпушувача підорного горизонту ($l_0 = 0,15$ м);

φ – кут зсуву ґрунту;

φ_1 – кут тертя ґрунту по матеріалу (сталь) розпушувача ($\varphi_1 = 25^\circ$), град.

l_1 – довжина поширення зони деформації ґрунту від носка розпушувача, м;

h_q – різниця між глибинами розпушування і обороту пласта;

α – кут кришення від долота, град.

Ширину деформації ґрунту від долота на глибині H , в поперечній площині, можна визначити за виразом:

$$b = b_1 + 2H \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (3.2)$$

де b – ширина деформації ґрунту в поперечному напрямку на глибині H ;

H – глибина обробки, м;

b_1 – ширина долота розпушувача, м;

φ – кут зсуву ґрунту, град.

Розпушування ґрунтового шару, в різні боки від джерела (долота) відбувається напрямом «пострілів-коливань»:

1. Вгору вперед (під кутом);
2. Вбік – вправо і вліво.

Звідси випливає, що при інтенсивному «коливальному обстрілі» орного шару зсередини, що супроводжується рихленням, відбувається розушцілення «материнського» ґрунту. Кут природного укусу близького до денної поверхні (помірної вологості) ґрунту, в спокої $\varphi \approx 45^\circ$ [18].

До обвалення ґрунтів при чизелюванні призводить поєднання таких основних факторів:

1. Попереду, з боків долота стійки відбувається розушцілення ґрунту;
2. Після проходження стійки з боків щілини релаксація ґрунту;
3. Безперервний «коливальний обстріл» долота і рух стійки, що приводить до розушцілення ґрунту як перманентного процесу;
4. Характерний кут φ природного укусу ґрунту в спокої.

При такому поєднанні чинників порушується рівновага ґрунтових агрегатів навколо долота стійки. Результатом (при русі агрегату) є обвалення ґрунту з боків і спереду долота стійки під кутом $\varphi = 45^\circ$. Існування цього унікального явища знижує тяговий опір відвального корпусу, що обертає розпушений ґрунт від чизельного робочого органу і сприяє додатковому розпушуванню і дробленню фрагментів ґрунту.

З огляду на цей процес, ширину деформації від долота на поверхні ґрунту (з урахуванням того, що $\operatorname{tg}45^\circ = 1$) можна визначити за виразом 3.3:

$$B = b_1 + 2H. \quad (3.3)$$

На рис. 3.6 показані зони деформації ґрунту клином, що розраховуються в поздовжньому і поперечному напрямках.

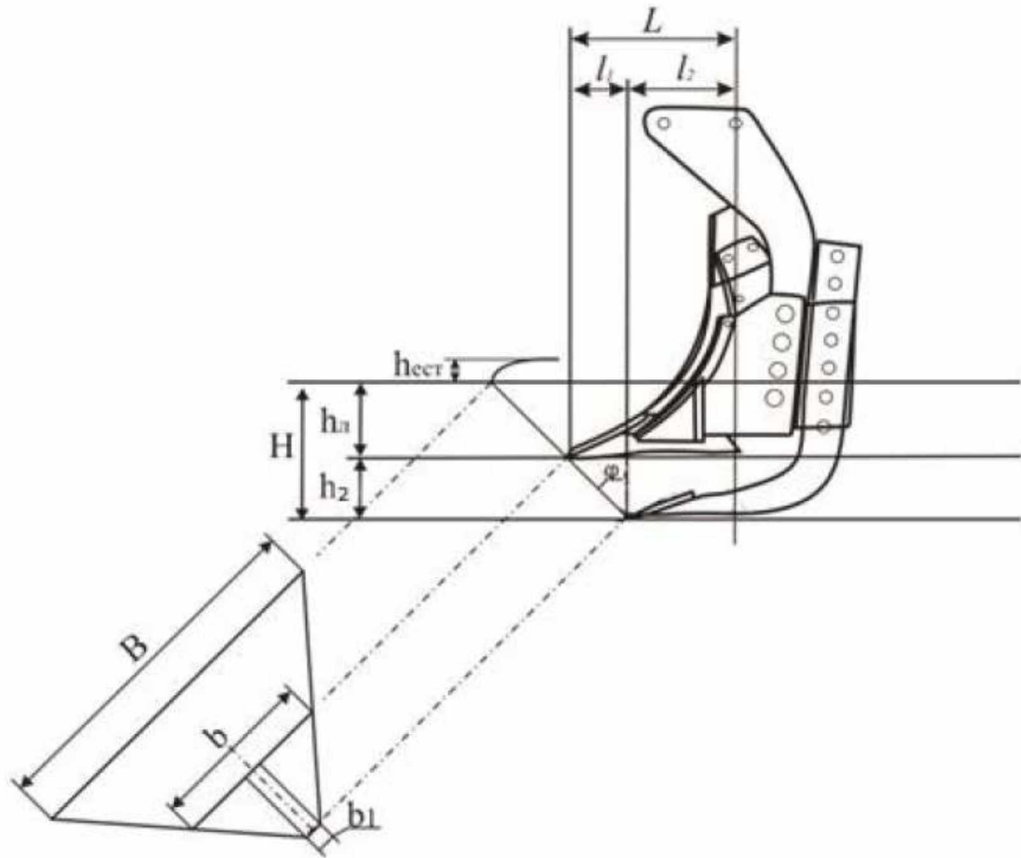


Рисунок 3.6 – Зони деформації ґрунту в поздовжньому і поперечному напрямках

Переймаючись чисельними значеннями, можна визначити мінімальні відстані між долотом і лемешем.

Підставивши відомі значення в вираз (3.3), можна отримати зону деформації ґрунту у напрямку руху на глибині лемеші: $b \geq 0,35$ м, з шириною долота розпушувача $b_l = 0,06$ м і найменшою різницею між глибинами розпушування і оборотом пласта $h_q = 0,15$ м.

Однак, при досягненні критичної глибини розпушування $h_{кр}$ подальше заглиблення ножа не збільшує зону руйнування ґрунту, супроводжуючись лише відтискуванням ґрунту без утворення стружки, а так само утворенням ґрунтового наросту [10, 19]. Ставлячи необхідні робочі параметри обробки, для досягнення мінімального навантаження, відвальний корпус повинен йти

вже у розпушеній частині, що обумовлюється оптимальною відстанню між долотом розпушувача і лемешем.

Залежно від розташування відвального корпусу і розпушувача характер впливу на ґрунт змінюється. При збільшенні відстані між носком долота і лемешем у вертикально-поздовжній площині, зона деформації від долота збільшується.

Ширина смуги деформації в зоні руху лемеша визначається виразом [23]:

$$b = 2h_q \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} + b_1. \quad (3.4)$$

де b_1 – ширина долота розпушувача, м;

h_q – різниця між глибинами розпушування і обороту пласта;

φ – кут зсуву ґрунту.

У зв'язку з тим, що енерговитрати на деформацію ґрунту від стиснення значно вище, ніж від розтягування (в цьому відмінність роботи чизельного робочого органу від лемішно-відвального), тому необхідно зорієнтувати долото щодо носка лемеша так, щоб спочатку розпушити ґрунт, а потім перевернути, причому лінія різання лемеша була менше або дорівнює ширині розпушування.

Розглянемо проекцію робочого органу в горизонтальній площині руху лемеша. Проведемо осьові лінії системи координат через задню вісь кріплення робочого органу на рамі знаряддя. Відхилення l_1 носка долота від носка лемеша в поздовжньо-вертикальній площині (рис. 3.7), можна визначити як корінь квадратний з різниці квадратів бічного сколювання $b_{\text{бк}}$ і відхилення $b_{\text{л}}$ носка долота від носка лемеша в поперечно-вертикальній площині, тобто:

$$l_1 = \sqrt{b_{\text{бк}}^2 - b_{\text{л}}^2}, \quad (3.5)$$

де

$$b_{\text{бк}} = h_q \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \quad (3.6)$$

$$b_{\lambda} = \frac{C_{\text{лем}} - b_1}{2}, \quad (3.7)$$

де $C_{\text{лем}}$ – ширина захвату лемеша;

$b_{\text{бк}}$ – бічне сколювання;

b_{λ} – відхилення носка долота від носка лемеша в поперечно-вертикальній площині;

b_1 – відхилення носка долота від носка лемеша в поздовжньо-вертикальній площині.

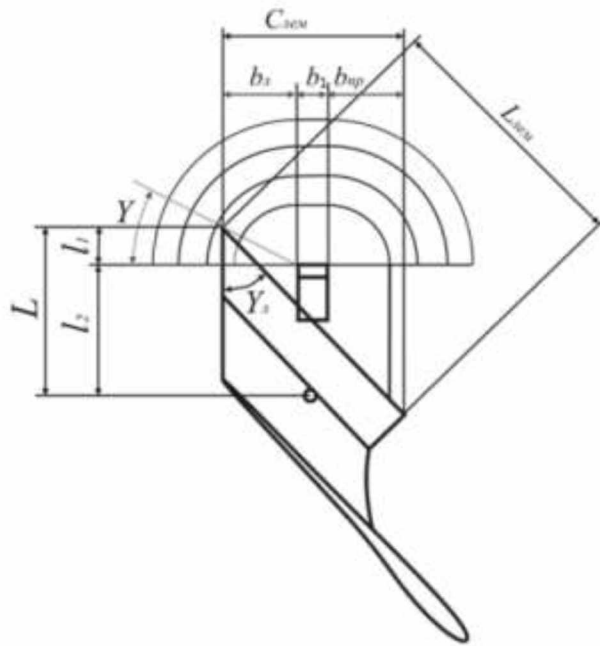


Рисунок 3.7 – Розрахункова схема комбінованого робочого органу

Ширину $C_{\text{лем}}$ захвату лемеша у корпусів з циліндричними і циліндроїдальними відвалами роблять дещо більше розрахункової ширини пласта. Для корпусів з культурними відвалами перекриття $\Delta b = 25$ мм, що припадає на праву сторону. Перекриття забезпечує підрізання коренів бур'янів на стику проходу суміжних корпусів і повне підрізання пласта при криволінійному русі плуга. Для корпусів з культурним відвалом кут перекриття $\gamma = 40-45^\circ$.

З огляду на вирази (3.5 ... 3.7), і підставивши відомі значення можна визначити залежність допустимого відхилення l_1 від зміни різниці між

глибинами розпушування і обороту пласта h_q , без урахування розпушеного ґрунту:

$$h_q = \sqrt{\frac{(C_{\text{лем}} - b_1)^2}{4} + l_1^2}. \quad (3.8)$$

На рис. 3.8 показано вплив глибини чизелювання на допустиме відхилення долота від носка лемеша в поздовжній площині при прийнятих значеннях $C_{\text{лем}} = 350\text{мм}$, $b_1 = 60\text{мм}$.

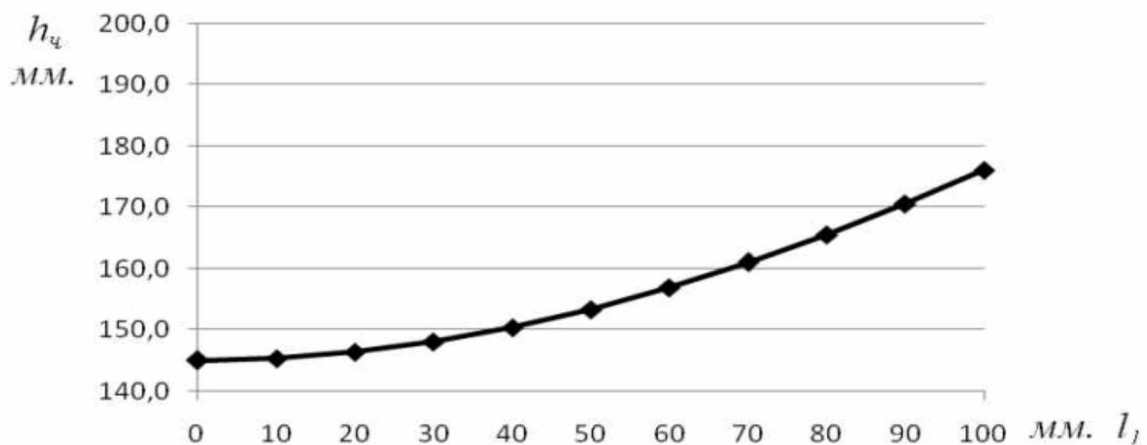


Рисунок 3.8 – Вплив глибини h_q на допустиме відхилення долота щодо носка лемеша в поздовжній площині без підпору ґрунту

З графіка видно, що мінімальна глибина чизелювання без підпору ґрунту під лемешем, щодо площини його руху, дорівнює 145 мм. В цьому випадку долото знаходиться в створі з носком лемеша.

3.3. Результати експериментальних досліджень

3.3.1. Результати багатофакторного експерименту

Проведені польові дослідження впливу ширини долота, вертикального та горизонтального зсуву опори відносного носка лемеша на стійкість робочого органу дозволили отримати рівняння регресії.

Для дослідження області оптимуму, відповідно до прийнятої методики, нами був реалізований план для 3-х факторного експерименту (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Фактори, їх рівні та інтервали варіювання

Фактори	Рівні фактора			Інтервал варіювання, ε
	0	-1	+1	
x_1 – ширина долота, мм	50	40	60	10
x_2 – вертикальне зміщення стійки, мм	180	140	220	40
x_3 – відносне горизонтальне зміщення стійки, мм	0	-150	150	150

Спираючись на експериментальні дані розраховані коефіцієнти B_0 , B_i , B_{ij} і B_{ii} рівняння регресії:

$$y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2. \quad (3.9)$$

За критерієм Стюдента оцінювалася значущість коефіцієнтів рівняння (3.9). Видаляли незначущі коефіцієнти і за рахунок коефіцієнтів регресійної моделі виконувався повторний розрахунок. В результаті розрахунків в кодованому вигляді отримано рівняння регресії:

$$H = 4997 + 13x_1 + 270x_2 + 208x_3 + 73x_1x_2 + 120x_1x_3 + 303x_2x_3 + 410x_1^2 + 1282x_2^2 + 1095x_3^2. \quad (3.10)$$

За критерієм Фішера перевірялася адекватність математичної моделі:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S^2(y)}, \quad (3.11)$$

де $S^2(y) = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{q=1}^n [y_{iq} - \bar{y}_i]^2 \right) / N(n+1)$ – дисперсія похибки досліду;

$S_{ad}^2 = n \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2 / (N - [k+1])$ – дисперсія неадекватності моделі.

де y_i – випадкова величина, розрахована за математичної залежності;

k – число факторів;

$\bar{y}_i$ – середньоарифметичне значення випадкової величини;

y_{iq} – значення i -тої величини в q -тому досліді;

N – число рядків матриці плану;

n – число повторюваностей досліду.

Результати розрахунків S_{ad} і $S^2(y)$ показали, що при дослідженні зусилля різання $F = 0,82$, тобто $F_{0,05} > F$ (тут $F_{0,05} = 2,1646$ – табличне значення критерію Фішера при рівні значущості 5% [23]. Таким чином, математичні моделі адекватні результатами експерименту.

Оптимальні значення факторів представлені в табл. 3.2.

Для систематизації та аналізу отриману математичну модель другого порядку привели до типової канонічної форми.

В результаті проведених розрахунків були отримані коефіцієнти регресії і значення критерію оптимізації в оптимальній точці Y_s .

Таблиця 3.2 – Оптимальні значення факторів

x_1 – ширина долота, мм	$\frac{0}{50}$
x_2 – вертикальне зміщення стійки, мм	$\frac{-0,1}{176}$
x_3 – відносне горизонтальне зміщення стійки, мм	$\frac{-0,08}{-12}$

Рівняння регресії (2), представлене в канонічній формі, має вигляд:

$$Y_D - 4996 = 404X_1^2 + 1370X_2^2 + 1013X_3^2. \quad (3.12)$$

Оскільки всі коефіцієнти при квадратних членах мають позитивні знаки, то поверхні відгуків, описані рівнянням (3.10), представляють не що інше, як тривимірні параболоїди з координатами центрів поверхонь в оптимальних значеннях факторів.

При розгляді двовимірного перетину поверхонь відгуку за рівнянням регресії (3.12), щодо ширина долота (x_1) і вертикального зміщення стійки (x_2), фактор відносне горизонтальне зміщення стійки знаходився на оптимальному значенні $x_3 = -0,08$.

Можуть бути рекомендовані такі оптимальні значення факторів:

$$x_1 = -0,1 \dots 0,1 \text{ і } x_2 = -0,2 \dots 0.$$

Виходячи з аналізу можна сказати, що для забезпечення мінімального тягового опору відвально-чизельного робочого органу, можуть бути

рекомендовані наступні оптимальні значення факторів: $x_1 = -0,1 \dots 0,1$ (0,49...0,51 мм), $x_2 = -0,2 \dots 0$ (172...180 мм), $x_3 = -0,2 \dots 0$ (-30...0 мм).

3.3.2. Результати експериментальних досліджень енергетичних показників роботи

Залежно від вибору технологічної операції, глибини обробки і відстані між долотом розпушувача і лемешем, характер впливу на ґрунт змінюється, змінюється навантаження на робочі органи (рис. 3.9).

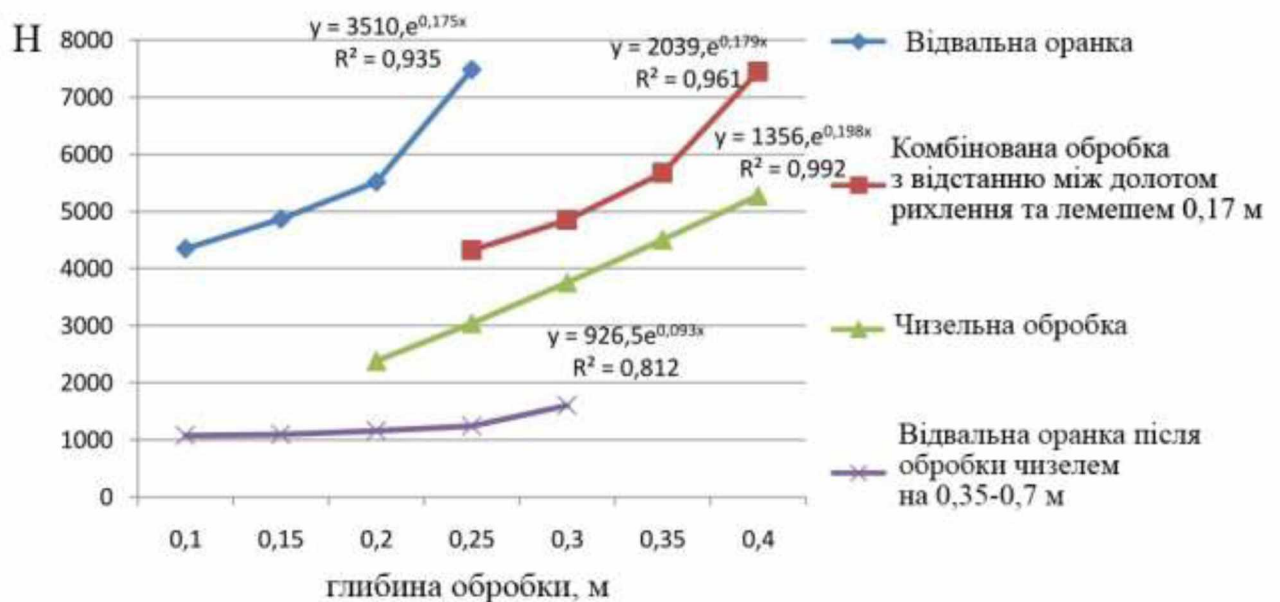


Рисунок 3.9 – Залежність тягового опору на робочі органи від глибини обробки

З графіків експериментальних даних рис. 3.9 видно, що процес чизелювання є менш енергоємним, ніж відвальна оранка, маючи можливість обробки ґрунту на велику глибину [25]. Проведений дослід при роботі відвального корпусу на полі, попередньо обробленому чизелем на глибину 0,35-0,38 м, виявив значне зниження тягового опору відвального робочого органу. Так при відвальній обробці ґрунту на 0,2 м, по попередньо обробленому чизелем ґрунті, зниження складає в межах 4200Н.

На рис. 3.10 показана залежність навантаження при роботі робочого органу від зміни глибини відвалу і розпушування.

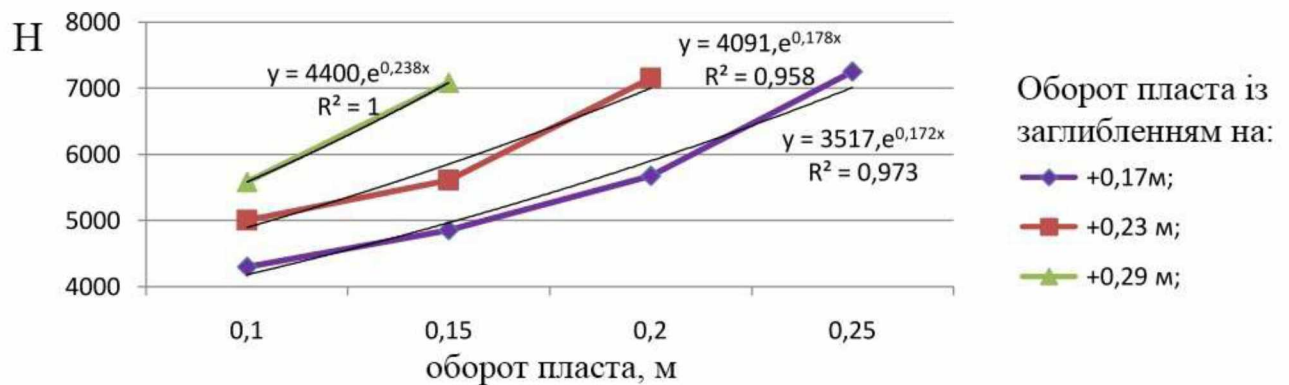


Рисунок 3.10 – Залежність тягового опору експериментального робочого органу від глибини роботи відвалу при різному заглибленні чизеля

Спираючись на дані графіків рис. 3.10, з'являється можливість зробити вибір конструктивних параметрів, налаштовуючи робочий орган на роботу в різних кліматичних зонах і ґрунтах, змінюючи глибину обороту і розпушування ґрунтового шару.

Так само, не менш важливим критерієм впливу навантаження на робочі органи є швидкість руху машинно-тракторного агрегату. На рис. 3.11, 3.12 і 3.13 представлені графіки залежності навантаження на експериментальні комбіновані робочі органи від швидкості руху при різній глибині обробки і відстані між долотом і лемешем.

З графіка рис. 3.11 видно, що зі збільшенням швидкості руху знаряддя збільшується навантаження на робочий орган, причому, при відвальній оранці її зростання відбувається більш інтенсивно, ніж у комбінованого робочого органу.

Даний процес пов'язаний з меншими енерговитратами на оборот пласта відвалом розпушеного відносно необробленого ґрунту. Тяговий опір відвального корпусу і експериментального, при роботі відвалів на однакову глибини, ідентичні, але експериментальний робочий орган додатково розпушує ґрунт чизелем на 0,17 м.

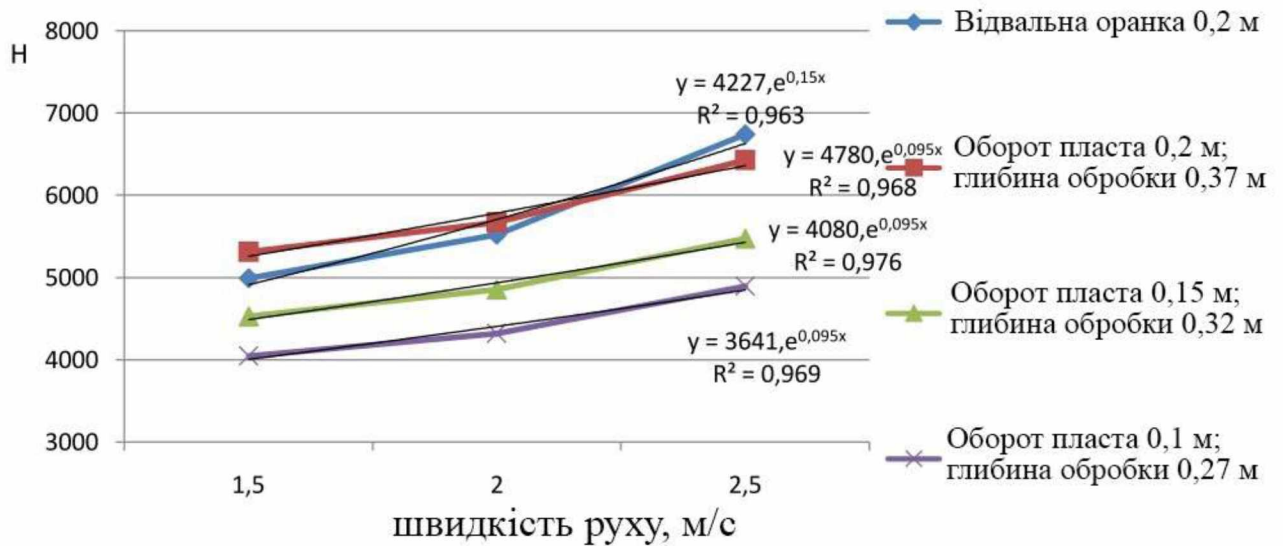


Рисунок 3.11 – Залежність тягового опору експериментального робочого органу від швидкості руху для різних глибин обробки при відстані між долотом розпушувача і лемешем 0,17м

Дана залежність простежується при подальшому збільшенні глибини розпушування (+0,23 м) і представлена на рис. 3.12.

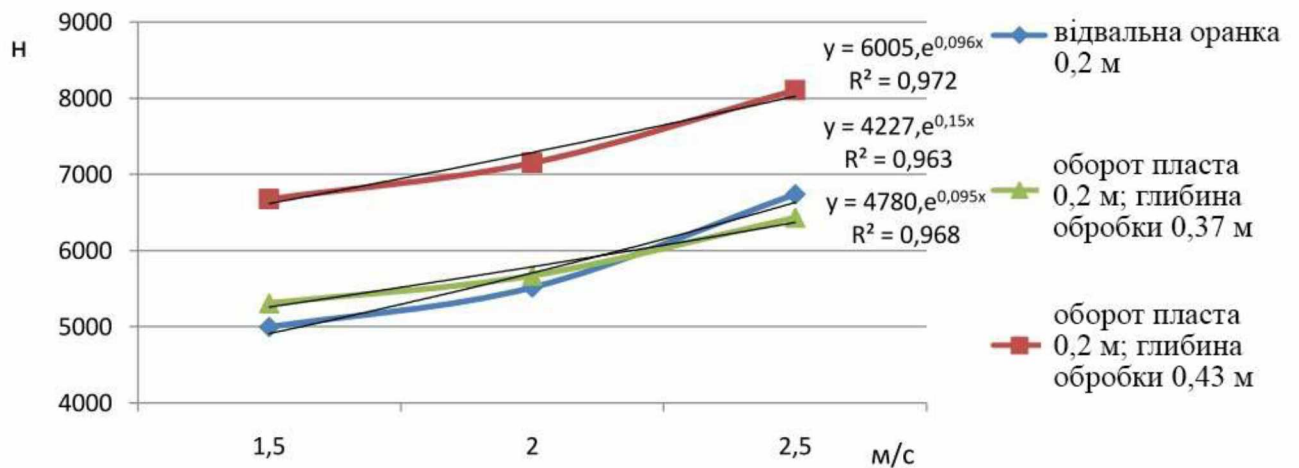


Рисунок 3.12 – Залежність тягового опору відвального корпусу і експериментального робочого органу від швидкості руху при відстані між долотом розпушувача і лемешем 0,23 м

Змінюючи швидкість руху комбінованого робочого органу (рис. 3.13), при різних глибинах обробки і постійною різницею між розпушуванням і

оборотом пласта (0,23 м), спостерігається підвищення навантаження на робочий орган.

Це пов'язано з досягненням розпушувачем зони критичної глибини і тим, що припадає на леміш відвального корпусу більшої частини необробленої поверхні ґрунту.

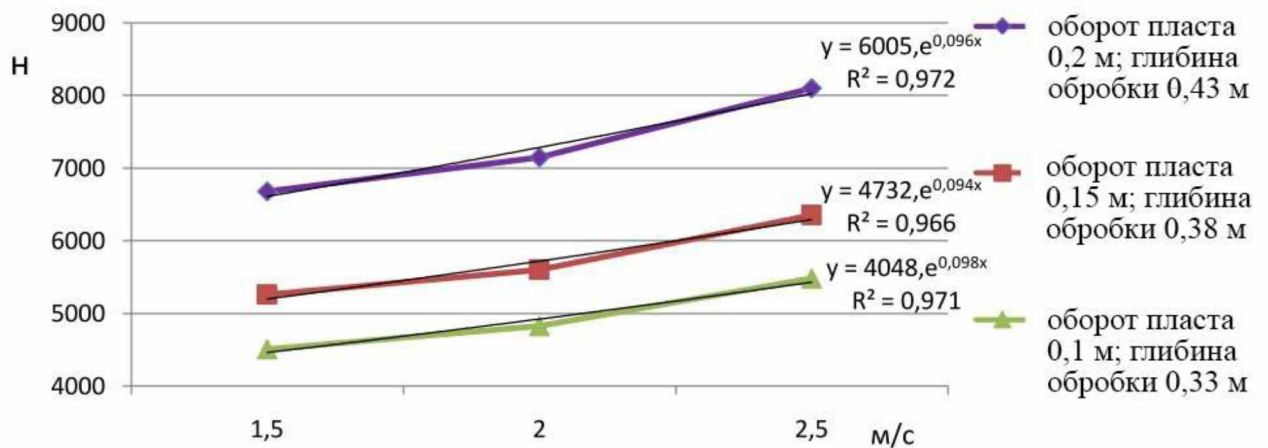


Рисунок 3.12 – Залежність тягового опору експериментального робочого органу від швидкості руху при різних глибинах обробки з відстанню між долотом розпушувача і лемешем 0,23 м

Аналізуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що об'єднання технології чизелювання з відвальною обробкою ґрунту в єдиний, дозволяє підвищити агротехнічну і енергетичну ефективність основного обробітку ґрунту за рахунок знищення бур'янів, закладення в оброблюваний шар органічних і мінеральних добрив, зниження ерозійних процесів. При цьому, для кришення використовується процес розтягування ґрунту від долота, а відвалом обертається вже розпушена його частина, чим і пояснюється зниження енергетичних витрат оброблюваного шару пропонуваним робочим органом.

Висновки

1. Шляхом аналізу можливих комбінацій об'єднання безвідвальної і відвальної технологій обробітку ґрунту, розроблений енергозберігаючий технологічний процес, який поєднує роботу долота чизельного знаряддя і відвального корпусу плуга. Відповідно до даного процесу ґрунт спершу рихлиться долотом розпушувача, і потім верхня частина оброблюваного шару обертається відвальним корпусом плуга.

2. За допомогою рівняння регресії і реалізованого плану для 3-х факторного експерименту, можна сказати, що для забезпечення мінімального тягового опору відвально-чизельного робочого органу, можуть бути рекомендовані наступні оптимальні значення факторів: ширина долота 0,049...0,051 м, вертикальне зміщення стійки 0,172...0,18 м, відносне горизонтальне зміщення стійки – 0,030...0 м.

3. Проведені польові дослідження показали, що обробка ґрунту чизелем знижує твердість ґрунту, в шарі 0,15-0,20 м, з 45-50 кгс/см² до 4-7 кгс/см². При збільшенні швидкості руху знаряддя зростає навантаження на робочі органи, причому у відвального корпусу даний процес відбувається більш інтенсивно, ніж у комбінованого робочого органу.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому

впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

При нанесенні покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву третьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

– створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок

Для оцінки ефективності застосування експериментальних комбінованих робочих органів, виконаємо порівняльний розрахунок економічної ефективності щодо орного агрегату К-701 + ПЛН-8-40 з серійними робочими органами. Результати розрахунків і вихідні дані наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для визначення економічної ефективності застосування плуга ПЛН з робочими органами

Показники	К-701 + ПЛН-8-40	К-701 + експериментальні робочі органи
Швидкість руху агрегату, км/год.	7,8	9,8
Глибина оранки, см	25-27	Рихлення 25-27
		Оборот пласта 10-12
Ширина захвату, м	3,2	3,2
Коефіцієнт використання потужності двигуна	0,8	0,8
Коефіцієнт використання часу зміни	0,77	0,76

За такою залежністю було розраховано годинну експлуатаційну продуктивність орних агрегатів W_q , га/год:

$$W_q = 0,1 B_p V_p K_n, \quad (4.1)$$

де 0,1 – коефіцієнт переведення квадратних метрів в гектари;

K_n – коефіцієнт переходу від технічної продуктивності МТА до експлуатаційної (0,7 ... 0,9);

B_p – ширина захвату МТА, м;

$W_{qб}$ – продуктивність базової машини;

W_{qe} – продуктивність експериментальної машини;

V_p – швидкість руху МТА, км / год.

За формулою визначалися витрати праці на одиницю роботи:

$$T_p = \mathcal{U} / W_q, \quad (4.2)$$

де T_p – трудомісткість роботи, люд.-год./га;

W_q – годинна продуктивність МТА, га/год.;

$\mathcal{U}$ – кількість працівників, які обслуговують МТА, чол.

Так само була розрахована питома витрата енергоресурсів (дизельного палива):

$$E_e = N q_{\text{итт}} K_{\partial} / W_q, \quad (4.3)$$

де E_e – витрата палива на га, кг;

K_{∂} – коефіцієнт, що враховує ступінь використання двигуна по потужності і часу;

N – потужність двигуна, кВт;

$q_{\text{итт}}$ – питома витрата палива, кг/кВт·год.

Розраховувалася собівартість одиниці роботи:

$$C = C_z + C_a + C_p + C_z + C_n, \quad (4.4)$$

де C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн./га;

C_2 – витрати на ПММ, кг/га;

C_6 – собівартість роботи базової;

C_n – накладні витрати, грн./га;

C_e – собівартість роботи експериментальної машини.

Заробітна плата C_3 грн./га обслуговуючого персоналу становить:

$$C_3 = C_4 \cdot \chi \cdot K_3 / W_q, \quad (4.5)$$

де C_4 – годинна тарифна ставка, грн.;

W_q – годинна продуктивність МТА, га/год.;

K_3 – коефіцієнт, що враховує різні види доплат і нарахувань;

χ – кількість працівників, які обслуговують МТА, чел.

Витрати на мастильні матеріали та пальне C_2 кг/га, будуть:

$$C_2 = E_e \cdot \Pi_m \cdot K_2, \quad (4.6)$$

де E_e – питома витрата енергоресурсів, кг / га;

K_2 – коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні матеріали;

Π_m – ціна за 1 кг палива, 20,5 грн.

Витрати за одну годину роботи на ремонт C_p дорівнюватимуть:

$$C_p = B_{a1} / (100 T W \chi), \quad (4.7)$$

де B – капітальні вкладення, грн.;

$a1$ – норма відрахувань на трактор (16,3%) і с/г. машину (20%), %;

W_q – годинна продуктивність МТА, га/год.;

T – річне завантаження машини (500 год.), год.

Річна економія експлуатаційних витрат E_p :

$$E_p = (C_x - C_n) T_0 W_q, \quad (4.8)$$

де C_x , C_n – собівартість роботи відповідно для менш і більш економічного МТА, грн./га;

W_q – годинна продуктивність МТА, га/год.;

T_0 – завантаження МТА на даній операції протягом року, год.

Визначаємо з такою залежністю термін окупності L_o і рік додаткових капіталовкладень:

$$L_o = (B_n - B_x) / E_e, \quad (4.9)$$

де B_n – балансова вартість більш економічного агрегату, грн.;

B_x – балансова вартість менш економічного агрегату, грн.

Взявши за основу вищевикладене та дані табл. 4.2, нами були розраховані показники економічної ефективності застосування плуга з розробленими комбінованими робочими органами. Дані розрахунку представлені в табл. 4.3.

Собівартість обробки ґрунту експериментальними комбінованими робочими органами на 29,5% нижче, ніж серійним. Отриманню наведеного річного економічного ефекту сприяла різниця в повних витратах коштів.

Таблиця 4.3 – Показники економічної ефективності застосування орних агрегатів розроблених робочих органів в порівнянні з серійними

Найменування показника	К-701 + ПЛН-8-40	
	Серійні робочі органи	Експериментальні робочі органи
1. Затрати праці, люд.-год./г	0,52	0,43
2. Зменшення затрат праці, %	–	17,3
3. Собівартість робіт, грн./га	1036,6	730,4
4. Зниження собівартості технології, %	–	29,5
5. Річна економія затрат, грн.	–	337693
6. Строк окупності, роки	–	0,4

Ступінь зниження витрат праці плугом з експериментальними комбінованими робочими органами становить 17,3%, що досягається за рахунок найбільш високої експлуатаційної продуктивності трактора 5 тягового класу в орному агрегаті, в результаті зниження енергоємності при основного обробітку ґрунту.

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія підвищення експлуатаційних і технологічних показників агрегату для обробки ґрунту за рахунок вдосконалення технологічного процесу глибокої обробки ґрунту і розробки комбінованого робочого органу є безпечною для навколишнього середовища.

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Аналіз показників економічної ефективності застосування плуга з комбінованими робочими органами в порівнянні з відвальними робочими органами показав зниження витрат праці на 17,3%. Собівартість обробки ґрунту експериментальними комбінованими робочими органами на 29,5% нижче, ніж серійним ПЛН-8-40.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз літератури дозволяє судити про ефективність об'єднання чизельної і відвальної обробок ґрунту за рахунок енергозбереження, поліпшення вологоємності, знищення бур'янів, закладення органічних і мінеральних добрив. Обґрунтовано технологічний процес глибокого обробітку ґрунту за рахунок об'єднання процесів роботи чизельного і відвального робочих органів.

2. Проведені дослідження встановили, що мінімальний тяговий опір комбінованого робочого органу досягається при наступних оптимальних значеннях: ширина долота 0,049...0,051 м; вертикальне зміщення носка долота чизель відносно горизонтальної площини носка лемеша 0,172...0,18 м; поздовжнє зміщення 0...0,03 м назад. Для виключення заклинювання ґрунту між долотом розпушувача і лемешем, відстань між ними в вертикальній площині має становити не менше 0,145 м.

3. Аналіз показників економічної ефективності застосування плуга з комбінованими робочими органами в порівнянні з відвальними робочими органами показав зниження витрат праці на 17,3%. Собівартість обробки ґрунту експериментальними комбінованими робочими органами на 29,5% нижче, ніж серійним ПЛН-4-35.