

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту
“ ” 2025 р.
Зав. кафедри, д.т.н., професор
_____ Дідур В.В.

Кваліфікаційна робота (дипломна робота)
_____ **другий (магістерський)** _____
(освітній рівень)

на тему **«ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ І ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ
ОРґАНІВ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ
ГРУНТУ»**

Виконав: студент 2 курсу,
групи 21м-ім
Спеціальність _____ 208 _____
«Агроінженерія» _____
_____ **Микола ЗАЄЦЬ** _____
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ **Юрій КОВАЛЬЧУК** _____
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ **Едуард ПРОКОПЕНКО** _____
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень магістр
 Спеціальність 208 «Агроінженерія»
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
Дідур В.В.
 “ ” 2025р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Зайцю Миколі Анатолійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування процесу і параметрів робочих органів культиватора для суцільного обробітку ґрунту»

керівник роботи Ковальчук Ю.О., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 05 ” січня 2015 р. № 20-08/01

2. Строк подання студентом роботи 20.11.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості ґрунту; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для обробітку еродованих ґрунтів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

аналіз існуючих способів та засобів обробітку ґрунту без обороту скиби, огляд попередніх досліджень з даного питання; вибір оптимального способу безвідвального обробітку ґрунту; обґрунтування технологічної схеми розроблювальної машини; обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів досліджуваної машини; визначення енергетичних показників роботи машини; визначення якісних показників роботи запропонованого пристрою та фізико-механічних властивостей ґрунту; розробка заходів з охорони праці при роботі з начіпними машинами; визначення економічної ефективності впровадження розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 04 квітня 2025 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	12.04.2025 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання, і задачі досліджень	02.05.2025 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні дослідження процесу розподілу насіння зернових культур сошником для підгрунтово-розкидної сівби	12.05.2025 р.	
4.	Розділ 3. Програма, методика і результати експериментальних досліджень	29.06.2025 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.09.2025 р.	
6.	Розділ 5. Економічна частина	30.09.2025 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2025 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2025 р.	

Студент

(підпис)Микола ЗАЄЦЬ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Юрій КОВАЛЬЧУК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Заєць М.А. Обґрунтування процесу і параметрів робочих органів культиватора для суцільного обробітку ґрунту (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет, 2025. – 41 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для безвідвального обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів похилого робочого органу для безвідвального обробітку ґрунту на ефективність його роботи.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу обробітку ґрунту під просапні культури шляхом удосконалення існуючих засобів механізації.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих засобів механізації для безвідвального обробітку ґрунту. Проведено огляд і аналіз умов виконання основного обробітку ґрунту за умов наявності водної та вітрової ерозії.

Приведена математична модель обґрунтування параметрів похилого розпушувача для безвідвального обробітку ґрунту.

Проведено дослідження по визначенню якісних параметрів роботи похилого розпушувача.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено економічну ефективність від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури.

Ключові слова: ґрунт, ерозія, стерня, робочий орган, похилий, безвідвальний, якість.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ҐРУНТУ ПІД ПРОСАПНІ КУЛЬТУРИ.....	7
1.1 Обробка ґрунту під просапні культури	7
1.2 Обґрунтування ґрунтозахисних технологій обробки ґрунту.....	9
1.3 Аналіз існуючих чизельних знарядь для безвідвальної обробки ґрунту...	12
1.4 Обґрунтування вибору перспективної форми похилого розпушувача ...	18
Розділ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗПУШУВАННЯ ҐРУНТУ ПОХИЛИМ РОЗПУШУВАЧЕМ	21
Розділ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	30
Розділ 4. ТЕХНИКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОХИЛОГО РОЗПУШУВАЧА	35
4.1 Умови застосування розробленої конструкції розпушувача з похилими робочими органами для безвідвальної обробки ґрунту... ..	35
4.2 Розрахунки техніко-економічної ефективності застосування похилого розпушувача.....	37
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41

ВСТУП

Більшим резервом підвищення врожайності просапних культур, таких як кукурудза й соняшник у складних агрокліматичних умовах є підвищення рівня агротехніки, шляхом застосування нових сільськогосподарських машин і знарядь.

Висока концентрація посівів даних просапних культур приводить до нагромадження злісних бур'янів, хвороб і шкідників. Зниження загального рівня агротехніки оброблення кукурудзи й соняшника в несприятливі по погодних умовах роки не дає можливість достатньо протистояти спільній дії шкідливих факторів і погоди, тому ставиться питання про перегляд існуючих і обґрунтування нових, більш ефективних, прийомів агротехніки їх вирощування [1, 2, 5, 6]. Крім того, ґрунт при їхнім вирощуванні, зазнає руйнування водою, вітром або машинами, тому необхідна така система основного обробітку ґрунту, яка забезпечила б захист ґрунтів від змиву, дефляції й інших несприятливих процесів.

У процесі створення й удосконалення знарядь для ґрунтозахисних технологій одним з елементів теоретичної бази може бути зв'язок форми й конструкції із властивостями ґрунту, динамікою стану ґрунту в процесі обробки й, відповідно, систематизація робочих органів по відмінності технологічного процесу різнотипних знарядь. Систематизація робочих органів на основі фізики процесу дозволить більш обґрунтовано й цілеспрямовано підходити до й удосконалення ґрунтообробних знарядь.

Значним резервом підвищення врожайності просапних культур у складних агрокліматичних умовах є застосування нових ґрунтообробних знарядь. Використання на схилових полях технологій обробки ґрунту, які пристосовані для рівнинних умов і не враховують особливостей рельєфу, приводить до інтенсивного розвитку ерозійних процесів. Сучасні знаряддя для основної обробки ґрунту мають свої недоліки: чизель недостатньо кришить ґрунт, не підріже коріння бур'янів; плоскоріз створює плужну підшву; плуг не тільки створює підшву, але обертаючи шар, зашпаровує пожнивні залишки, створюючи умови для розвитку водної й вітрової ерозії [16,17,18,19,20].

Аналіз застосовуваних технологій обробки ґрунту показує, що існуючі робочі органи не завжди забезпечують необхідну якість підготовки ґрунту під просапні культури й не створюють умов для захисту від руйнування верхнього родючого шару. Одним з напрямків підвищення якості основної обробки ґрунту буде застосування розпушувачів з похилими робочими органами, які

забезпечують якісне розпушування по всій ширині захвата стійки, усувають ущільнення ґрунту й залишають на поверхні поля стерню.

Таким чином, обґрунтування параметрів і розробка похилого розпушувача для безвідвальної обробки ґрунту є актуальним завданням рослинництва України.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОБРОБКИ ҐРУНТУ ПІД ПРОСАПНІ КУЛЬТУРИ

1.1. Обробка ґрунту під просапні культури

Для оброблення просапних культур сприятливими є чорноземні ґрунти з високими агрофізичними властивостями [8, 11, 13]. На важких ґрунтах, які погано піддаються обробці, повільно прогріваються, малодоступні для проникнення повітря й особливо вологи, ці культури розвиваються погано. Піщані й солонцюваті ґрунти також малоприсадибні для одержання високих урожаїв.

Одним з найбільш істотних агрофізичних показників ґрунту є об'ємна маса, що характеризує його щільність. З нею зв'язані водний, повітряний, тепловий режими ґрунту, інтенсивність мікробіологічних процесів, поширення кореневої системи й ін. Більшість просапних культур, у тому числі кукурудза й соняшник, помітно реагують на щільність ґрунту. Так при щільності $1,35 \text{ г/см}^3$, урожай на 20% нижче, чим при щільності $1,1 \text{ г/см}^3$ (контроль), а при $1,60 \text{ г/см}^3$ він нижче в порівнянні з контролем на 40%. Обробка ґрунту плугом дає щільність орного шару від 0,97 до $1,05 \text{ г/см}^3$ [1, 31].

Створюючи потрібну структуру можна управляти пористістю й фізичними властивостями ґрунтів, а також фізичними, хімічними й біологічними процесами, тобто створювати такий фізичний стан ґрунту, який забезпечував би гарну водо- і газопроникність або аерацію, а також нагромадження запасів води для нормального розвитку кореневої системи культурних рослин.

Оранка – це прийом обробки ґрунту плугом, що забезпечує підрізання, розпушення й обертання шару ґрунту. Висока якість оранки створює необхідні умови нормального розвитку культурних рослин, одержання високих і сталих врожаїв, поліпшення якості наступних робіт. Крім того, зменшується число додаткових обробок ґрунту, підвищується продуктивність праці, знижується витрата палива.

Оранка з оборотом шару залишається раціональною доти, поки не мінералізуються запаси гумусу в ґрунті або поки вносяться високі дози органічних добрив. А якщо ні, то ґрунт втрачає структурність, стає непридатним для біологічного саморозпушування й породжує необхідність у додатковій механічній обробці, ефективність якої не завжди виправдовується. До недоліків також відносяться: втрата гумусу, оголення ґрунту, запливання,

загортання соломи й залишків хімічних засобів захисту рослин, що не враховується, вивільнення азоту ґрунту і як результат цього підвищена враженість хворобами, витяг каменів на поверхню, занадто пухкий ґрунт, більш глибока колія, втрата врожаю.

Відвальна оранка є найтяжчим втручанням у природну структуру ґрунту, негативні наслідки, якого найчастіше проявляються не відразу, а через тривалий час.

Такий недолік, як сильне розпушування ґрунту під просапні культури також пов'язаний з його інтенсивною обробкою, починаючи вже з осені й закінчуючи міжрядними культиваціями в травні-червні. Її метою є нагромадження й збереження ґрунтової вологи й боротьба з бур'янами [8, 11, 14]. Однак при інтенсивності опадів 5-7 мм/хв на схилах починається поверхневий стік, який приводить до змиву (площинна ерозія) і розмиву (лінійна ерозія) ґрунту [10]. Особливо це небезпечно навесні при таненні снігу й у періоди зливових дощів. На розмір ерозійних процесів значно впливають клімат, агрофізичний стан верхнього шару ґрунту й усього орного шару в цілому, а також макро- і мікрорельєф поверхні [8, с.54].

Однією з небезпечних форм руйнування ґрунтового шару є вітрова ерозія, вона вже проявляється при швидкості вітру 4...8 м/с і досягає самих небезпечних розмірів при швидкості 40 м/с і вище. Наслідку вітрової ерозії залежать від агрофізичного стану поверхні ґрунту.

На ґрунтах, підданих ерозії зменшується вміст гумусу, кількість поживних речовин, погіршується структура ґрунту, скорочується число водостійких агрегатів. У результаті знижується родючість ґрунту й урожайність просапних культур: на слабкоеродованих ґрунтах на 16...20%, середньоеродованих – 35...40, сильноеродованих – 50...60% [10].

Також при обробці плугом на глибині 25...30 см утворюється плужна підошва, яка негативно впливає на формування кореневої системи, перешкоджає проникненню в нижні шари не тільки вологи, але й повітря, поживних речовин, елементів кореневих систем, обмежуючи тим самим середовище розростання коріння рослин і їх продуктивність [12].

Все зростаючі обсяги виробництва просапних культур, природно-кліматичні зміни, спрямована селекційна робота, постійні новації в цю галузь помітно міняють вимоги до технологічних операцій по їхньому обробленню й, насамперед, до основної обробки ґрунту.

При обробленні кукурудзи й соняшника доцільно переходити на безвідвальні форми основної обробки ґрунту, які в стані забезпечити ґрунт високою вологоємністю й вологопроникністю для максимального поглинання талих і зливових стоків. Мульчування поверхні поживними залишками

здатне також значно скоротити вітрову ерозію ґрунту.

Виходячи з особливостей оброблення просапних культур, перед основною обробкою ставляться наступні завдання:

- розпушити ґрунт, забезпечити умови для максимального нагромадження й збереження вологи в орному й особливо підорному шарах, запобігти появі штучних щільнісних новоутворень;
- зберегти й поліпшити структуру ґрунту;
- внести в ґрунт на максимально можливу глибину основну частину фосфорних і калійних добрив;
- знизити або запобігти вітровій і водній ерозії ґрунту за рахунок використання різних знарядь для безвідвального способу основної обробки.

1.2. Обґрунтування ґрунтозахисних технологій обробки ґрунту

Захист ґрунтів від ерозії складається із профілактичних заходів щодо попередження її розвитку й конкретних заходів щодо усунення ерозії там, де вона вже розвинена [27, 34]. Тому в ерозійнонебезпечних районах, де природні умови (клімат, рельєф, властивості ґрунтів та ін.) сприяють виникненню й розвитку ерозії, землеробство повинне бути ґрунтозахисним (протиерозійним). Оскільки стік формується з вододілу, то протиерозійні заходи повинні охоплювати всю територію від вододільних її частин до нижніх ділянок схилів. [35].

Водна й вітрова ерозія в природі часто взаємозалежні. Це слід ураховувати при розробці протиерозійних заходів. Агротехнічні заходи, спрямовані на боротьбу з водною ерозією, будуть послабляти й вітрову ерозію [28].

Заходи щодо запобігання вітрової ерозії включають організаційно-господарські, агротехнічні й лісомеліоративні заходи боротьби. Організаційно-господарські заходи припускають раціональний розподіл земельних угідь. Вітроударні схили й підвищені ділянки місцевості доцільно засіяти багаторічними травами або відвести під посадку лісових і плодово-ягідних насаджень. Запобігання вітрової ерозії сприяють ґрунтозахисні сівозміни й смугове землеробство. При нарізці полів сівозміни довгі сторони слід орієнтувати поперек активних ерозійних вітрів. Це особливо важливо, якщо надалі по границях полів припускають посадку лісосмуг.

Агротехнічні протиерозійні заходи спрямовані на ослаблення поверхневого стоку й перекладу його у внутрішнґрунтовий. Обробка ґрунтів по горизонталі зменшує змив ґрунту на 50% і поверхневий стік на 60-90%. Для

скорочення поверхневого стоку в ряді районів рекомендують безвідвальну оранку зі збереженням стерні або пожнивних залишків. В інших регіонах доцільна глибока зяблева оранка раз в 3-5 років. Вона збільшує запаси вологи й зменшує змив.

До найважливіших прийомів протиерозійної обробки ґрунту відносяться: обробка поперек схилу (контурна обробка); боронування, обвалування й лункування зябу й парів; оранка з ґрунтопоглиблювачем, плоскорізна обробка, чизелювання, щілювання й кротування ґрунтів, нарізання відвідних борозен у районах з перевагою зливної ерозії, зарівнювання вимоїн і рознімних борозен [28, 37].

Надійним, широко розповсюдженим способом захисту ґрунтів від вітрової ерозії є безвідвальна обробка ґрунту. Така обробка дозволяє зберегти на поверхні полів до 85% стерні та інших рослинних залишків, які перешкоджають здуванню снігу, збільшують запаси вологи в ґрунті. У зимовий час стерня захищає поле від вітрів і сприяє рівномірному розподілу снігу, що сприяє більш швидкому розвитку сходів і стійкості їх до впливу вітру. Наступне збереження стерені при посіві й розвитку рослин охороняє ґрунт від весняної й ранньолітньої вітрової ерозії, а також захищає сходи рослин від засікання (рис. 1.1).

У пошуках засобів боротьби з вітровою ерозією була звернена увага на те, що ґрунт, навіть легкого механічного складу, не зазнає ерозії, коли він не ораний й добре покритий стернею.

Стерня – головний захисний засіб. Безвідвальний спосіб обробки ґрунту із залишенням стерні і інших рослинних залишків на її поверхні, такий як розпушування, є альтернативою оранці з оборотом шару [29, 30, 36].

Розпушування виявляє позитивну дію на мікрофлору ґрунту. На глибині 30 см відзначається зростання загальної чисельності бактерій і грибів [20]. Через півтора місяці після глибокого розпушування підвищення інтенсивності розвитку мікроорганізмів відбувається вже у всьому орному шарі на глибині до 50 см. Позитивний вплив глибокої безвідвальної оранки на мікрофлору зберігається й у наступні 2-3 року.

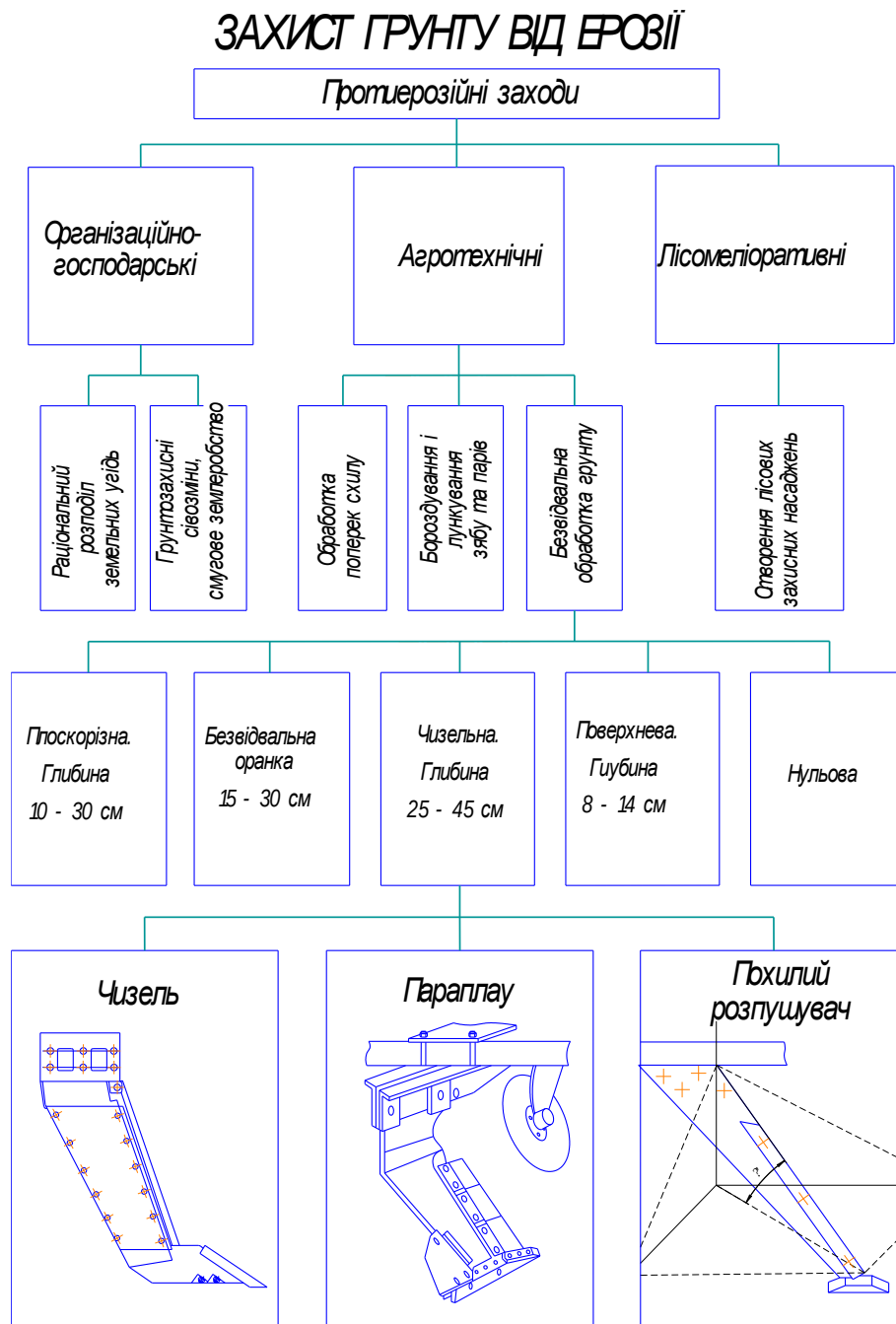


Рисунок 1.1 – Класифікація систем захисту ґрунту від ерозії

Періодичне безвідвальне поглиблення орного горизонту створює умови для нагромадження вологи й дозволяє потім здійснювати протягом наступних років мілку оранку (20-25 см) або поверхневу обробку дисковими знаряддями або важкими комбінованими культиваторами.

Постійне глибоке розпушування ґрунту необхідно в тому випадку, якщо вологе оброблене поле майже суцільно з'їždжене збиральними машинами й транспортними агрегатами й біологічне розпушування неможливе. У результаті сильного тиску на ґрунт обсяг повітряних пор зменшується приблизно з 50% до 35%.

Розпушування без обороту шару сприяє збільшенню врожаю зернових на 15-20%, багаторічних трав – 10-18%, хоча дослідями встановлено, що коренева система багаторічних трав як на розпушених, так і на нерозпушених ґрунтах в основному (навіть на 98%) розміщується в гумусовому шарі ґрунту [31]. Підвищення врожайності обумовлене поліпшенням водопостачання рослин.

Застосування безвідвального землеробства значно спростило ґрунтозахисні заходи. Безвідвальна обробка ґрунту з мульчуванням її стернею й іншими рослинними залишками збільшує ефективність захисту ґрунту від водної й вітрової ерозії, набагато краще відвальної оранки в боротьбі з бур'янами, а також підвищує врожайність оброблюваних культур, як на схилах, так і на рівнинних полях [32, 33].

Робити безвідвальну обробку ґрунту під просапні культури ми пропонуємо з використанням чизельних знарядь із прямими й похилими робочими органами, вони мають високу агрономічну, протиерозійну й економічну ефективність.

1.3. Аналіз існуючих чизельних знарядь для безвідвальної обробки ґрунту

Основне призначення чизельних знарядь – грубе розпушування щільного ґрунту. Чизелювання на ґрунтах, підданих водної ерозії, здатне перевести поверхневий стік води у внутрішнґрунтовий, при цьому збільшується водопроникність ґрунту на 50-60%, знижується щільність на 5-15%, розпушується плужна підшва, збільшується запас вологи в землі й знижується змив ґрунту [38, 39]. .

Основну обробку ґрунту чизельними знаряддями проводять як восени, так і навесні. Гарні умови для роботи чизельних знарядь створюються при застосуванні їх відразу ж після збирання зернових і просапних культур. Тоді тягове зусилля при обробці ґрунту на 30-40% менше, чим при підсушуванні поля протягом одного-двох діб після збирання, продуктивність вище в середньому на 20-25%, менше витрата палива на гектар у порівнянні з відвальною оранкою (табл. 1.1). Чизельний агрегат повинен рухатися поперек схилу.

Таблиця 1.1.

Експлуатаційні характеристики чизелів-розпушувачів

Показник	РЧН-4	«Парап- лау- 2000»	ПРН-8- 40	ПРН-5- 40	ПТК-9-35
Продуктивність (за 1 год основного часу), га/год	3,17	2,45	3,34	2,10	2,18
Витрата палива, кг/га	14,3	11,3	13,2	13,8	20,5

З таблиці 1.1 експлуатаційних характеристик видно, що витрата палива сама менша при застосуванні похилого чизельного знаряддя типу «Параплау 2000».

Впровадження глибокорозпушувачів-чизелів пов'язане з пошуками шляхів підвищення продуктивності праці й скорочення строків основної обробки ґрунту, а також усунення шкідливих наслідків ущільнення ґрунту енергонасиченими тракторами й іншими важкими сільськогосподарськими машинами.

Чизельна обробка застосовуються для боротьби з багаторічними бур'янами, залишає стерню, що дозволяє проводити снігозатримання перших снігопадів на початку зими. Глибина обробки приблизно дорівнює потужності орного шару.

Чизелювання сприяє підвищенню врожайності культур протягом 3-5 років після проведення обробки.

Робочі органи можуть установлюватися на твердих стійках, стійках із пружинним запобіжником або являти собою пружинні зуби або лапи. Робочі органи, що володіють деякої гнучкістю, можуть обходити перешкоди в ґрунті, мати більшу здатність до самоочищення від ґрунту й дробленню грудок, чим лапи на твердих стійках. Лапи зміцнюються на нижньому кінці стійки, можуть бути різної форми, звичайно вони бувають ширше стійки, за рахунок чого забезпечується краще розпушування при меншому зсуві ґрунту. Їх замінюють при зношуванні або при зміні характеру обробки ґрунту. Робочі органи звичайно бувають вигнутими, кут різання лежить у межах 30-60°. Чим більше кут, тем менше вертикальний зсув ґрунту, але й більше тяговий опір, розпушування й утруднене проникнення робочого органа в ґрунт. Більші робочі органи звичайно встановлюються під меншим кутом різання. Задане заглиблення звичайно підтримується опорними колесами. Нормальна робоча

швидкість – 6-8 км/год. Зі збільшенням швидкості кришення ґрунтових грудок і агрегатів підсилюється.

Чизельні знаряддя для суцільної обробки ґрунту умовно розділяють на чизельні культиватори, що обробляють ґрунт на глибину до 25 см, і чизельні плуги, що обробляють ґрунт на глибину до 40 см і більше. Основними параметрами чизельних знарядь є кількість працюючих органів і рядів, відстань між робочими органами й рядами, ширина захвата, висота під рамою й максимальна глибина обробки [40].

Характерною конструктивною рисою чизельних знарядь є менша (у порівнянні із плугами) маса. Комплектація їх швидкозмінними розпушувачами й стрілочастими лапами для роботи при різних ґрунтових умовах, а також оснащення їх пристосуваннями у вигляді зубових і дискових борін, пруткових зарівнювачів сліду, утвореного робочими органами, фрез з метою кращого кришення шару й вирівнювання поверхні поля.

Наявність запобіжних обладнань дозволяє використовувати чизельні знаряддя для роботи на кам'янистих ґрунтах. Великий просвіт під рамою (відстань від опорної площини робочого органа до нижньої площини рами) і більші відстані між органами дозволяють чизельним знаряддям працювати без забивань на ґрунтах, засмічених кореневищними бур'янами й пожнивними залишками. Зміною кількості встановлюваних на рамі чизеля робочих органів розширюється коло операцій від глибокого розпушування до дрібної культивації [41].

Застосування розпушувачів забезпечує руйнування плужної підшови, підвищує стійкість ґрунтів до водної й вітрової ерозії. Завдяки глибокій обробці помітно зростає кількість корисних часток розміром менш 50 мм, збільшується водопроникність ґрунту в шарі від 0 до 20 см, збільшується кількість водонасичених агрегатів. Зберігається тривалий час якісний ґрунтова побудова, параметри водного, повітряного й живильних режимів, формується розвинена коренева система рослин, створюється ефективний захист від бур'янів, хвороб і шкідників [42].

Агротехнічні показники якості обробки ґрунту ґрунтообробними знаряддями наведено в таблиці 1.2.

З таблиці 1.2 видно, що кращі агротехнічні показники для безвідвальної обробки ґрунту в похилого розпушувача типу «Параплау-2000»: відхилення від глибини обробки – 1,6-3,7 см, збереження стерні – 88,3-96,4%, гребенистість – 1,4-2,8 см.

Безвідвальна обробка ґрунту чизельними знаряддями має значне поширення в США, Канаді, ФРН, Великобританії й інших країнах [38]. У

таблиці 1.3 дані характеристики чизельних знарядь закордонного виробництва.

Таблиця 1.2.

Агротехнологічні показники якості роботи ґрунтообробних знарядь

Показник	«Парап-Лау-2000»	ПРПВ-8-50	ПЧ-4,5	ПТК-9-35
Глибина обробки, см	24,3—29,8	28,7—30,4	26,9—27,3	29,4—32,1
Те ж, по ходу розпушувачів, см	32,0—37,8	35,4—38,8	32,4—33,4	29,4—32,1
Середньоквадратичне відхилення від глибини по ходу розпушувачів, см	1,6—3,7	2,1—3,4	2,4—3,1	1,6—1,8(3,1)
Розмір фракцій, мм: понад 200	14,3—37,0	15,5—36,0	6,2—38,4	5,1 — 17,8
100—200	3,9—10,4	5,8—13,1	4,7—14,7	3,8—11,8
50—100	3,2—5,7	3,4—6,8	3,4—12,2	4,2—9,0
менш 50	49,4—58,2	48,1—75,3	44,8 -75,8	74,0—77,5
Збереження стерні, %	88,3—96,4	81,4—97,0	70,2—73,1	Відсутній
Ступінь закладення рослинних залишків, %	Відсутній			98,4—100,0
Глибина борозен на поверхні обробленого поля, мм	Відсутні		12,1 — 14,5	Відсутні
Гребенистість, см	1,4—2,8	2,1—4,0	4,4—5,3	2,2-3,2

Таблиця 1.3.

Коротка характеристика чизельних знарядь закордонного виробництва

Країна, фірма	Модель	Ширина захвата, м	Кількість робочих органів	Міжряддя, мм	Висота під рамою, мм	Максимальна глибина обробки, см	Маса, кг
ФРН							
Landsberg	SOD	1,8—3,0	6—10	300	750	До 45	400—610
Eberhardt	Cazelle	1,55-3,5	7—15	230—240	700	35	330—695
Rabewerk	CRF	2,15—4,1	9-17	240	760	До 35	721—15501
	LS	1,8-3,0	7—15	200—240	710	20—24	395—670
RAU	NEU	1,8—3,25	9—15	200—215	720	До 35	595—1315
Schmotzer	TCB	2—2,5	8—10	250	700	До 25	320—375
Канада							
CO-OP Implements	204	11,9	35	340	610	До 25	Немає даних
Великобританія							
Howard	VCF	2,5-3,0	6-8	370—410	770	20—22	850—960
Massey-Ferguson	MF-25	3,66	15	230	610	50,8	1280
	MF-128	9,5—12,5	31—41	305	660	25	Немає даних
США							
Midland	M100-13P	3,96	13	300	660	50,8	1247
Wil-Rich	CPR	3—4,9	10—19	250—300	800	До 25	2025
	CPW	3,0—13,7	18—37	160—370	800	До 25	3900
John Deere	900	3,96	13	305	825	50,8	Немає даних
International Harvester	55	3.35	11	305	635	25-30	580
	10	2,4—4,6	5—9	500	До 830	50,8	Немає даних
	11	4,58	9	500	До 840	60	Немає даних
	HB	9,2—12,2	29—41	305	610	25—30	3210—3640

З таблиці 1.3 видно, що розпушувачі іноземних фірм мають середню ширину захвата 4 метра, але модель MF-128 фірми Massey-Ferguson має ширину захвата 12,5 м, середню глибина обробки 40 см, але модель 11 фірми International Harvester може обробляти ґрунт на глибину до 60 см.

Враховуючи більшу перспективу розвитку чизельних знарядь, в усьому світі йде робота зі створення чизельних глибокорозпушувачів.

Знаходять широке застосування розпушувачі з робочими органами похилого типу, які забезпечують мінімум витрат, якісно рихлять ґрунт, максимально зберігають рослинні залишки, не перевертають шар, поліпшують родючість.

1.3.1. Чизельний робочий орган з вертикальною стійкою

Робочий орган чизельного типу з вертикальною стійкою являє собою пряму або вигнуту по ходу руху стійку з ґрунтообробними елементами (рис. 1.2).

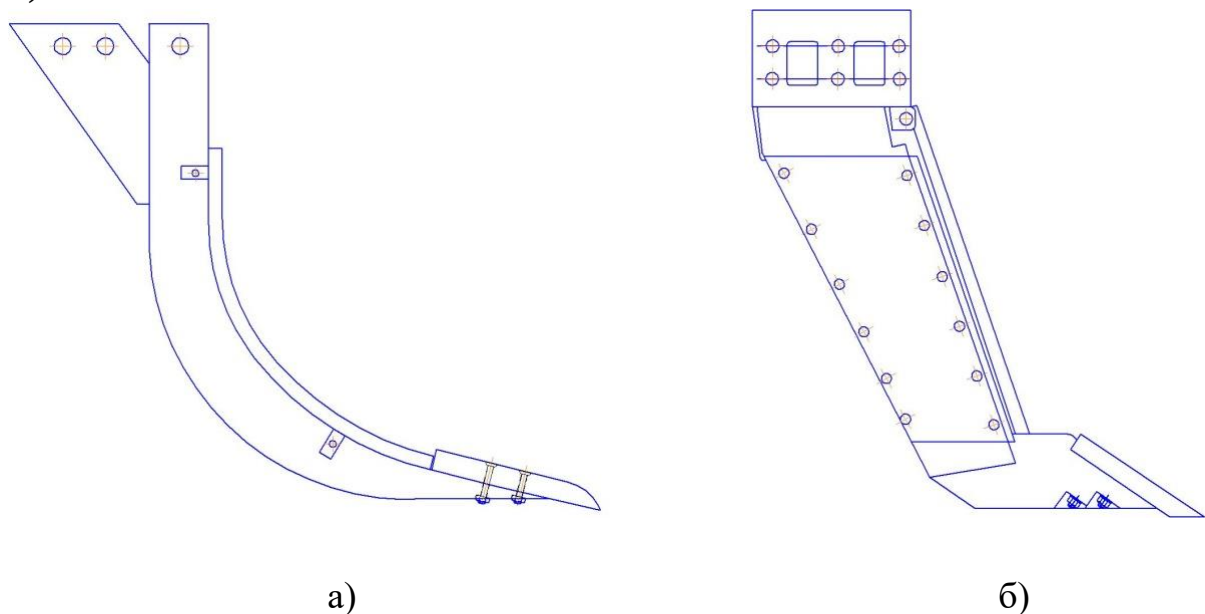


Рисунок 1.2 – Чизельний робочий орган з вертикальною стійкою:

а) вигнутою; б) прямою

У нижньої частини чизеля по ходу руху завдяки долоту відбувається відкол ґрунту й розпушування в сторони. Знаряддя гарно заглиблюється, не утворює плужну підшову.

Застосування стійок чизельного плуга дозволяє поліпшити фізичні властивості й відновити життєво-важливу капілярну дію ґрунту в орному й підорному горизонтах за рахунок забезпечення заданої глибини розпушування без обороту шару. Утворений дренаж створює умови для кращого розвитку

кореневої системи рослин, вивільняє поживні речовини в ґрунті й полегшує доступ добрив до коріння рослин. Це сприяє більш ефективному нагромадженню запасів вологи, кращому їхньому розподілу по периметру обробки, руйнуванню плужної підшви, збільшенню товщини кореневмісного шару, збереженню на поверхні до 60% стерні, яка захищає ґрунт від дефляції й охороняє верхній орний шар від ерозії [44,45].

Крім цього, робочі органи чизельного розпушувача відрізняються енергозберігаючими властивостями й підвищеною продуктивністю, тому їх застосування забезпечує значну економію трудових і матеріальних ресурсів.

Промисловість випускає чизельні стійки двох типів: з розпушувальною лапою захватом 0,05 м для розпушування ґрунту на глибину до 0,45 м і стрілкою лапою захватом 0,27 м для обробки ґрунту на глибину до 0,3 м [47, 48].

Застосовувані стрілчасті лапи підвищують якість розпушування, краще підрізають бур'янисту рослинність, збільшують ширину смуги розпушування.

1.4. Обґрунтування вибору перспективної форми похилого розпушувача

Одне з важливих засобів поліпшення стану ґрунту – глибоке безвідвальне розпушування зі збереженням поверхневого рослинного покриву. При чизельній обробці розпушується плужна підшва, збільшується водопроникність ґрунту на 50...60%, знижується щільність на 5...15%. Чизелювання сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур протягом 3...5 років після проведення обробки.

Враховуючи більшу перспективу розвитку чизельних знарядь в усьому світі й у країнах СНД, в Україні йде робота з дослідження й створенню чизельних глибокорозпушувачів.

Однак застосовувані в цей час чизельні знаряддя з вертикальними стійками мають ряд недоліків: їх долота відвалюють більші брили ґрунту, які по стійці переміщаються на поверхню поля, викликають випар вологи й вимагають додаткової обробки ґрунту; стійка залишає за собою борозну; розпушування йде тільки в зоні стійки. Розпушувачі з похилою стійкою виготовляються без обліку умов їх застосування на ерозійно небезпечних полях, до того ж вони не відповідають вимогам якості обробки ґрунту при обробленні просапних культур.

Пропонований нами похилий розпушувач для безвідвальної обробки ґрунту повинен забезпечувати якість кришення близьку до плужної, рихлити

по всій ширині захвата похилої стійки, не обертати шар, на дні борозни не утворювати плужної підшви, а також залишати на поверхні поля пожнивні залишки [61].

Основними елементами робочого органа похилого типу, що найбільше інтенсивно працюють і визначальними характер технологічного процесу, є похила стійка з лемешем і долото. У загальному випадку стійка з лемешем і долото працюють як двогранні клини (мал. 1.6).

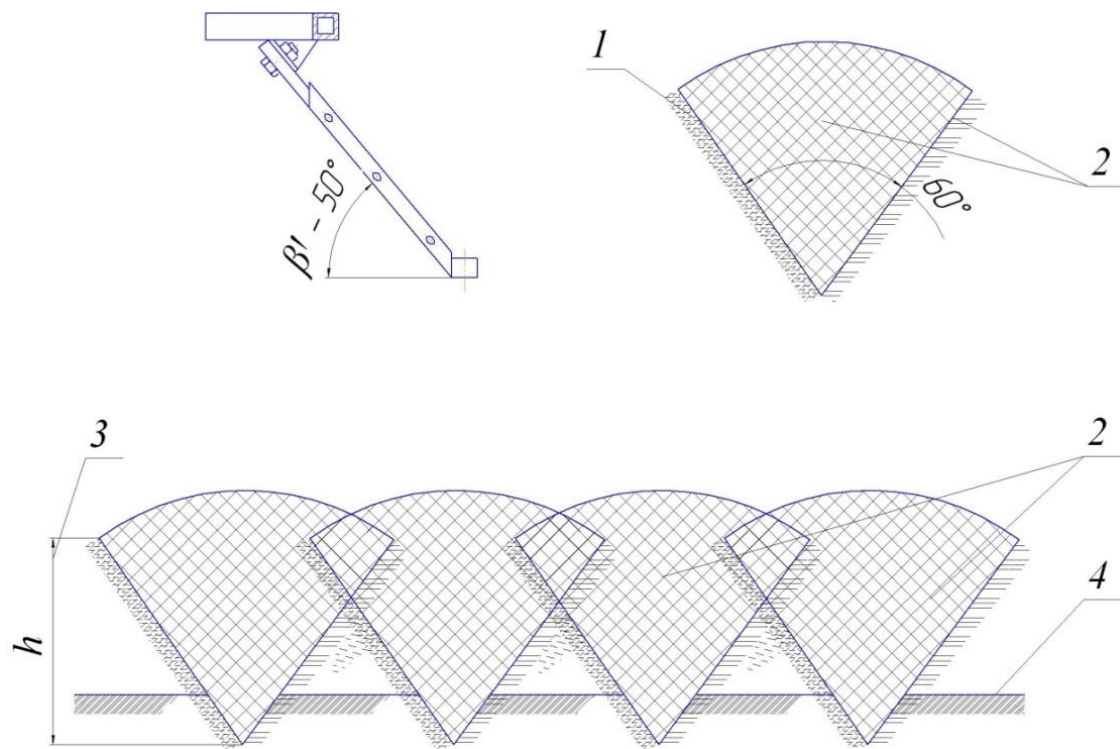


Рисунок 1.6 – Схем обробки ґрунту похилим робочим органом:
1 - ущільнена зона; 2 - оброблений ґрунт; 3 - глибина розпушування;
4 - плужна підшва.

У пропонуваному похилому розпушувачі долото підриває ґрунт, далі похила стійка з лемешем робить її зріз. При подальшому русі в шарі, що утворювався, з урахуванням нахилу робочої площини до поперечної площини під дією навантаження відбувається руйнування структурних зв'язків, переміщення часток друг щодо друга, витиснення води й газів. У результаті вивчення матеріалу по конструюванню похилих робочих органів попередньо були визначені кути установки робочого органа $\alpha'=45^\circ$, $\beta'=50^\circ$, $\gamma=39^\circ$ і $\varepsilon'=37^\circ$ і кут заточення лемеша $\acute{\iota}=30^\circ$ (мал. 1.7).

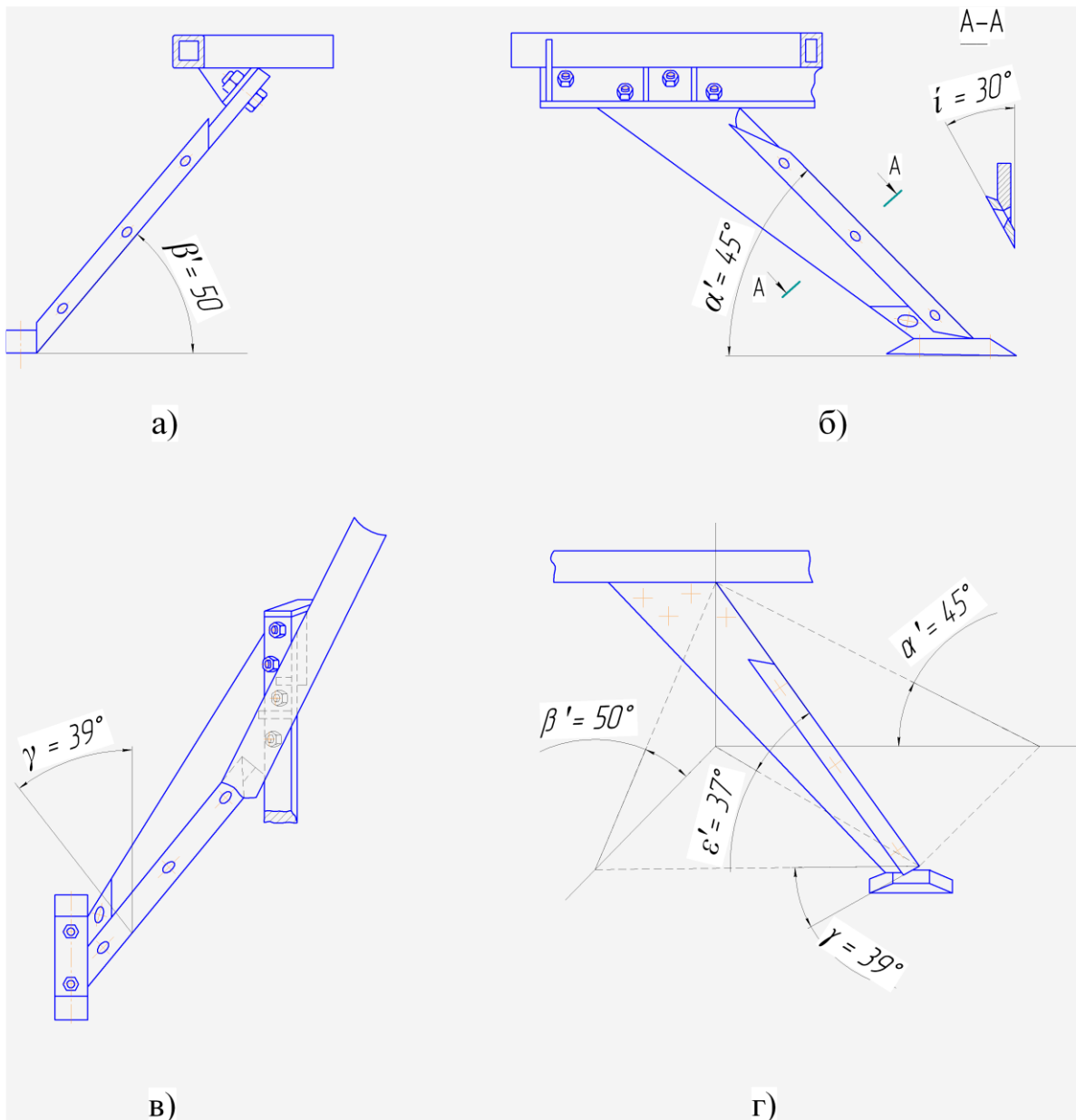


Рисунок 1.7 – Пропонований похилий розпушувач. Конструктивні кути: а) огортання шару β' ; б) різання шару α' , кут заточення лемеша i ; в) зрушення шару γ ; г) кришення ґрунту ϵ'

Робочий орган похилого розпушувача складається зі стійки, лемеша, черевика й долота. Завдяки тому, що ми застосували стійки з нахилом у повздовжньо-вертикальній і поперечно-вертикальній площині, розпушування буде по всій ширині дії стійки, це сприяє створенню однобічної, відносно стійки, зони розпушування оброблюваного шару. Похилі робочі органи розпушувача будуть заглиблятися в ґрунт на глибину 0,35 - 0,45 м. Завдяки конструкції тяговий опір зменшиться майже в 2 рази.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗПУШУВАННЯ ҐРУНТУ ПОХИЛИМ РОЗПУШУВАЧЕМ

Для знаходження геометричної форми похилого робочого органа використовуємо теорію тригранного клина [62, 67].

Для визначення залежностей між основними кутами клина використовуємо косо поставлений тригранний клин (рис. 2.1).

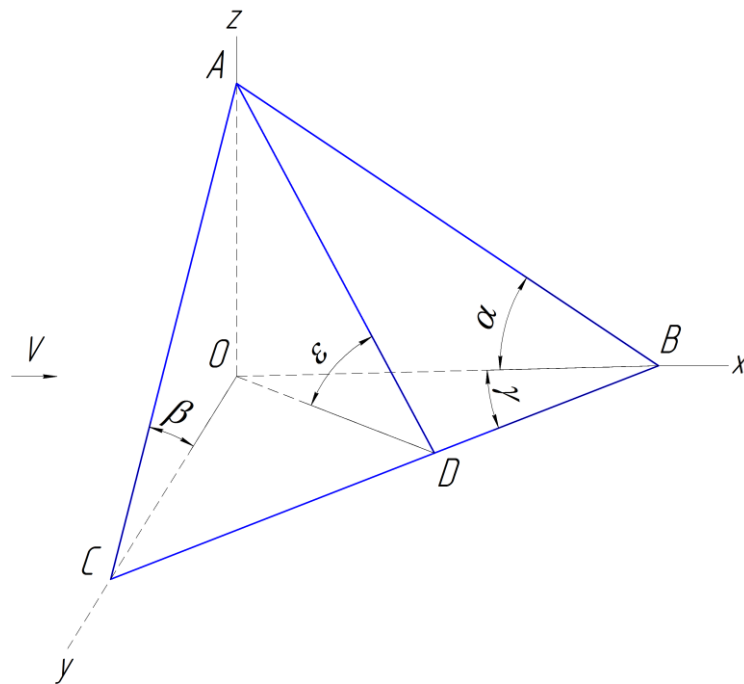


Рисунок 2.1 - Косо поставлений тригранний клин

$$OA = OB \operatorname{tg} \alpha = OC \operatorname{tg} \beta. \quad (2.1)$$

Але $OC = OB \operatorname{tg} \alpha$. Підставивши це в (2.1), одержимо:

$$OA = OB \operatorname{tg} \alpha = OB \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \beta. \quad (2.2)$$

звідки

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \gamma. \quad (2.3)$$

Отже, у тригранному клині довільно можуть бути змінені лише два кути, третій визначиться за значеннями перших двох.

Крім трьох вищенаведених кутів, часто користуються ще одним — кутом ϵ , що визначають нахил робочої грані клина ABC до горизонтальної площини (лемеша до дна борозни) OBC. З (рис. 2.1) видно, що:

$$OA = OD \operatorname{tg} \varepsilon = OB \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.4)$$

Але

$$OD = OB \sin \gamma, \quad (2.5)$$

отже,

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varepsilon \sin \gamma. \quad (2.6)$$

Діючи аналогічно, одержимо:

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \varepsilon \cos \gamma. \quad (2.7)$$

Формули (2.6) і (2.7) часто використовують при розрахунках положення робочої поверхні лемеша.

Про те, як був утворений тригранний клин, існує кілька теорій. Учені В.П. Горячкин, М.В. Сабликов, Г.Н. Синеоков, Н.І. Кленин, П.М. Заїка й ін. [62, 67, 68, 73, 101], розглядали одержання тригранного клина шляхом додавання трьох двограних (рис. 2.2). «У просторі трьох вимірів можна представити три прямих плоских двограних клина, що володіють різними технологічними властивостями» Н.І. Кленин [67].

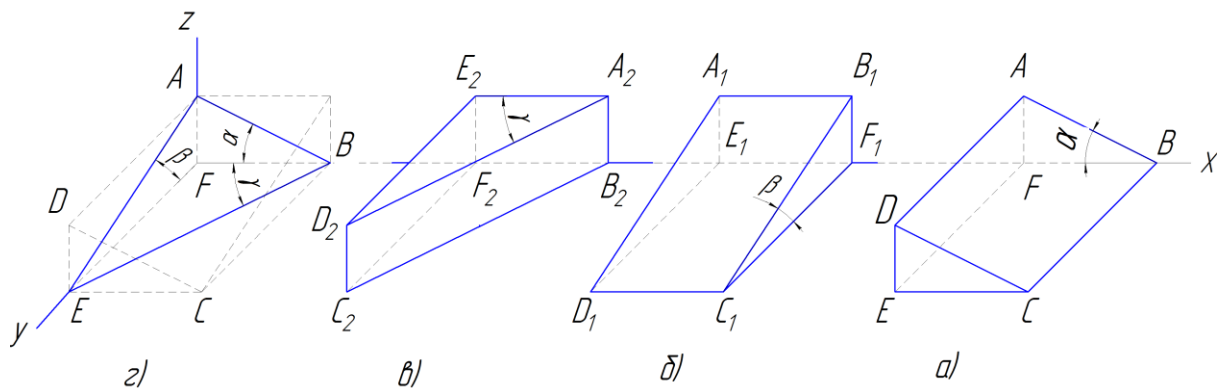


Рисунок 2.2 – Різновиди плоских клинів:

а — простий з кутом кришення α ; б — простий з кутом нахилу β ;
в — простий з кутом зрушення γ ; г — косий тригранний.

Кожний із цих простих клинів виконує свою певну функцію. Однак впливати на ґрунт трьома послідовно розташованими елементарними клинами було б непрактично. Тому, існує такий клин, який один сполучає в собі всі перераховані технологічні властивості трьох елементарних клинів. Для того

щоб переконатися в цьому, клин $ABCDEF$ перемістимо в початок координат (рис. 2.2, г) і на його сторонах FA , FB і FE побудуємо клини з кутами α і γ . З'єднавши крапки A , B і E суцільними лініями, одержимо клин $ABEF$. Це — косий тригранний клин. Він має одну робочу грань ABE і дві опорні грані ABF і BEF . Як бачимо, косий тригранний клин характеризується тими ж кутами, отже, один має технологічні властивості всіх трьох елементарних клинів у сукупності. Ці кути зв'язані між собою певною залежністю.

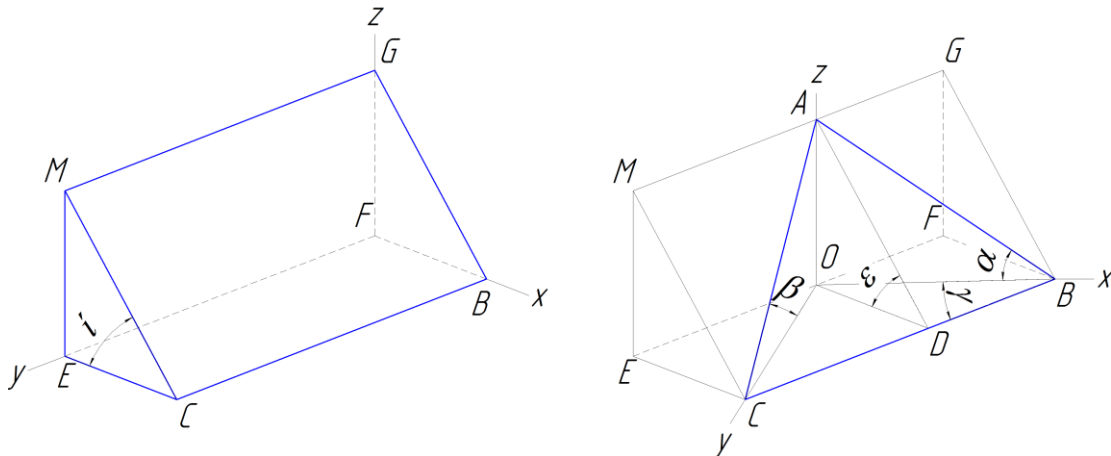


Рисунок 2.3 – Побудова тригранного клина із двогранного

Візьмемо просторову систему прямокутних координат з початком у точці O и направимо вісь OX через точку B по лінії тяги. Тоді повздошно-вертикальна площина ZOX відітне від клина тригранну призму $BOAGF$, а поперечно-вертикальна площина ZOY відітне частину клина $CEMAO$. частина, що залишився, клина, укладена між трьома взаємно перпендикулярними площинами XOY , ZOX , ZOY і площиною ABC , являє собою плоский косий тригранний клин $ABCO$ з кутами α , β і γ , величини яких будуть залежати від величини кута клина ϵ і кута γ нахилу робочого ребра клина до напрямку руху.

Для визначення кута установки стійки розпушувача в **поперечно-вертикальній** площині звернемося до теорії плуга, що ґрунтується на теорії косо поставленого тригранного клина.

Під час оранки шар ґрунту, проходячи по лемешу, обертається. Представимо положення відвалених шарів ґрунту в перетині, перпендикулярному руху (рис. 2.4).

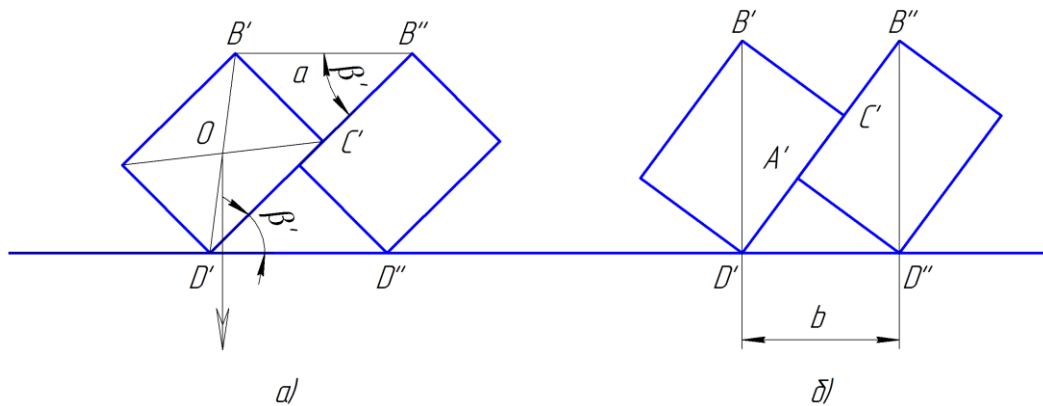


Рисунок 2.4 – Стійке (а) і нестійке (б) положення відваленого шару, a – глибина обробки, b – ширина шару

Для пояснення схеми переміщення шару встановимо геометричні співвідношення [65, 78].

$b/a = k$ – відношення ширини шару до глибини оранки (обробки);

$\beta^1 = \angle D'C'D'A'D''$ – кут нахилу відваленого шару до горизонту.

З трикутника $B'B''D'$ можна бачити, що:

$$a = b \cdot \sin \beta^1 \quad (2.8)$$

Отже, $k = \frac{b}{a} = \frac{1}{\sin \beta^1}$, або

$$\sin \beta^1 = \frac{1}{k}; \quad \cos \beta^1 = \frac{\sqrt{k^2 - 1}}{k}; \quad \tan \beta^1 = \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}}; \quad (2.9)$$

Відношення $k = b/a$ впливає на якісну сторону роботи похилого розпушувача, а по співвідношеннях (2.9) визначають нахил обробленого шару.

Відкинутий на сторону шар у загальному випадку замикається з відверненим раніше шаром, опираючись на нього в точці C' і на дно борозни в точці D' . Якщо прийняти, що центр ваги поперечного перерізу шару розташовується на перетинанні діагоналей у точці O (рис. 2.4,а), то залежно від того, як розташується вертикаль, проведена через O , щодо опорних точок, можна передбачити, чи буде відвернений шар зберігати стійке або хитке положення [65].

У тих випадках, коли зазначена вертикаль розташовується між опорними точками, положення шару буде стійке.

Хитке положення буде в тому випадку, коли діагональ шару стане вертикально (рис. 2.4,б) або буде нахилена убік борозни. В останньому випадку шар буде перекидатися назад у борозну.

Те або інше положення діагоналі $B'D'$ шару залежить від його розмірів, точніше – від відношення k .

Вертикальне положення діагоналі слід уважати граничним, при якому ще є можливість шару зберегти своє положення, хоча й нестійке.

З формули (2.9) видно, що нахил β' шару зростає зі зменшенням k , отже, гранично мала величина k визначається з умови вертикальності діагоналі $B'D'$.

При розрахунках з подоби прямокутних трикутників $B'D'Z'$ і $D'A'D''$ можна одержати відношення відповідних сторін.

$$\frac{D'D''}{D'B'} = \frac{A'D''}{D'C'} \quad (2.10)$$

але тому що $D'D'' = b$, $D'B' = \sqrt{a^2 + b^2}$, $D'C' = b$ й $A'D'' = a$, то:

$$\frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{a}{b}; \quad (2.11)$$

звідси:

$$b^2 = a\sqrt{a^2 + b^2} \quad (2.12)$$

або

$$k^2 = \sqrt{1 + k^2} \quad (2.13)$$

що приводить до бікватратного рівняння:

$$k^4 - k^2 - 1 = 0 \quad (2.14)$$

дійсний корінь, якого

$$R_0 \cong 1,27$$

Скориставшись останньою формулою можна визначити граничний нахил шару β' :

$$\sin \beta' = \frac{1}{1,27} = 0.787$$

що відповідає куту $\beta' \approx 520$

Кут нахилу розпушувача в поперечно-вертикальній площині $\beta' \approx 52^\circ$.

Для визначення кута установки стійки розпушувача в **повздошно-вертикальній** площині ми звернемося до теорії різання.

У процесі різання основну роль відіграє лезо, тобто вершина двогранного кута, утвореного гранями, які називаються фасками. При тривалій роботі лезо затуплюється до деякого стану й процес різання лезом трансформується в різання клином.

Зсув леза позначається кутом ξ , який проектується на горизонтальну площину [67]. Залежно від кута ξ між напрямком швидкості точки леза DE, нормалю до його лінії й кута тертя φ леза об матеріал розрізняють три режими різання (рис. 2.5):

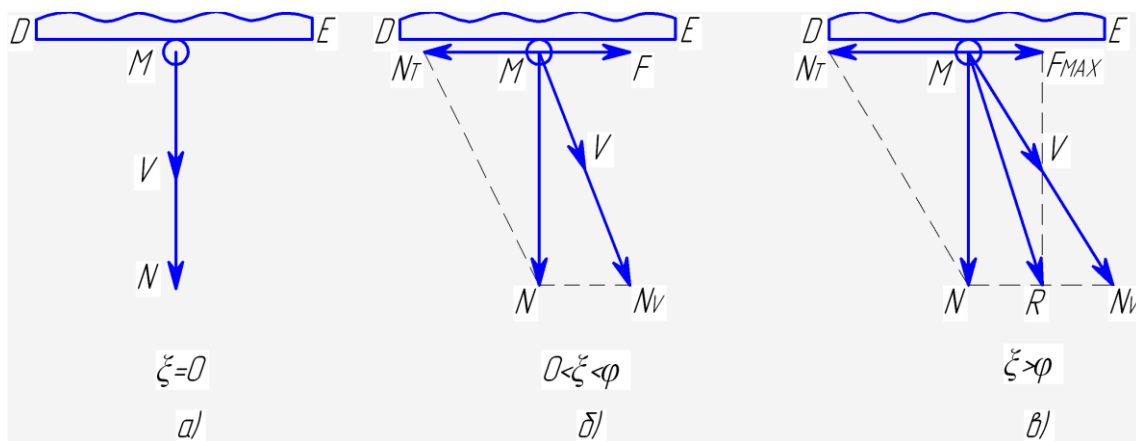


Рисунок 2.5 – Режими різання лезом:

а – різання рубанням; б – різання з поздожнім переміщенням; в – різання з ковзанням

різання рубанням, - $\xi = 0$; різання з поздожнім переміщенням без ковзання - $0 < \xi < \varphi$; різання з ковзанням - $\xi > \varphi$.

При **різанні рубанням** (рис. 2.5, а) швидкість v точки леза DE збігається з нормальною силою N дії цієї точки леза на частку, що розріжеться, M , тобто лезо давить на матеріал по нормалі.

При **різанні з поздовжнім переміщенням** без ковзання швидкості точок леза DE відхилені від нормалі на кут ξ менше кута тертя φ (рис. 2.5,б). Сили N_t і F взаємно врівноважуються частка, що й перерізується, M буде рухатися в напрямку складової N_v і швидкості v .

Різання з ковзанням характеризується більшим кутом ξ при якому сила тертя досягає свого максимального значення, але не врівноважує складову N_t (рис. 2.5, в). Сила N розкладає на складові N_v і N_t , складаючи сили N і $F_{\max}$, одержуємо рівнодіючу R , відхилену від нормалі на кут тертя φ . Частка, що перерізується, M буде рухатися в напрямку сили R , а точка леза буде рухатися в напрямку швидкості v і складової N_v . Випадок, коли $\xi = \varphi$, аналогічний випадку, коли $0 < \xi < \varphi$, різниця лише в тому, що сила тертя F досягла максимального значення. З викладеного видно, що чим більше ξ , тим більше ступінь ковзання [62].

Зменшення опору при різанні з ковзанням пояснюється дією факторів як кінематичного (геометричного), так і технологічного характеру (рис. 2.6). Однією із причин цього академік В. П. Горячкин вважав зменшення дійсного значення кута заточення ножа. Це явище показане на рис. 2.6,а, при русі леза в напрямку швидкості v дійсний кут заточення ножа α буде менше геометричного кута ε , вимірюваного перпендикулярно лезу, тобто лезо виявляється як би більш гостро заточеним.

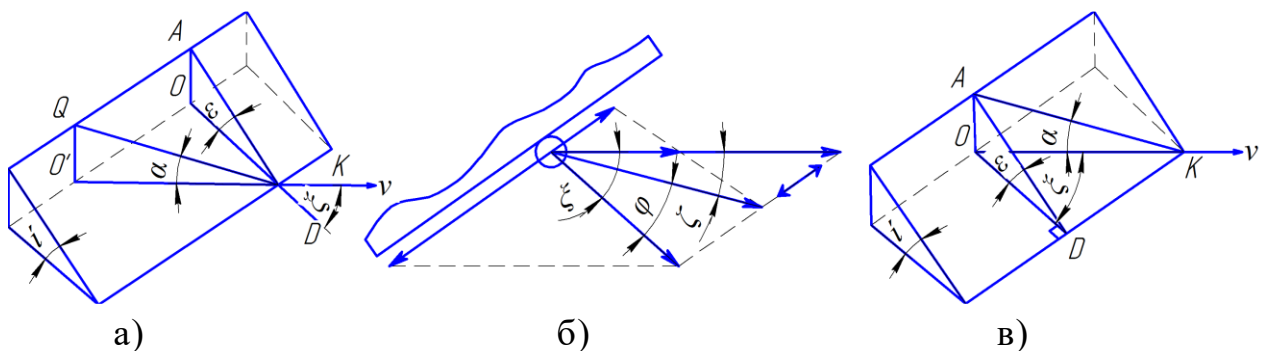


Рисунок 2.6 – Схема установки похилого розпушувача: а) схема, що пояснює зменшення дійсного значення кута заточення ножа; б) схема, що пояснює проектування кута зрушення ζ леза похилого лемеша на горизонтальній площині; в) схема, що пояснює установку стійки в повздошно-вертикальній площині

Виходячи з механіко-технологічних властивостей ґрунту, кут φ перебуває в межах від 14 до 42° , кут проектування ζ леза похилого лемеша на горизонтальній площині двогранного клина буде прагнути до значення кута ξ (рис. 2.6,б). Для визначення кутів установки нахилу розпушувача в повздошно-вертикальній і вертикально-поперечній площинах, щоб можна

було одержати кут різання лезом лемеша 45° і менше, ми поміняємо місцями кути ε і α (рис. 2.6,в).

Для визначення кута α' , який проектується на **повздошно-вертикальну площину** тригранного клина застосуємо теорію проф. Крутикова, для знаходження кута розхилу стрілкової лапи [102, стор. 367]. Ми одне крило стрілкової лапи з горизонтального положення підняли в повздошно-вертикальній площині з врахуванням поперечно-вертикальної.

Форма полільної лапи в основному визначається кутом 2γ розхилу крил і кутом β кришення, тобто кутом, утвореним верхньою площиною крила з горизонтом у перерізі, перпендикулярному лезу. Визначення величини кута розхилу крил 2γ може бути зроблене на підставі наступних міркувань.

При прямолінійному переміщенні культиватора (рис. 2.7) лапи в перший момент будуть захоплювати за собою бур'яни, що перерізуються, роблячи відповідне зминання ґрунту. Нормальний тиск бур'яну на лапу під впливом тертя відхилиться на кут тертя φ .

Сила опору Q ґрунту зминання її коренем бур'яну буде спрямована прямо протилежно напрямку переміщення.

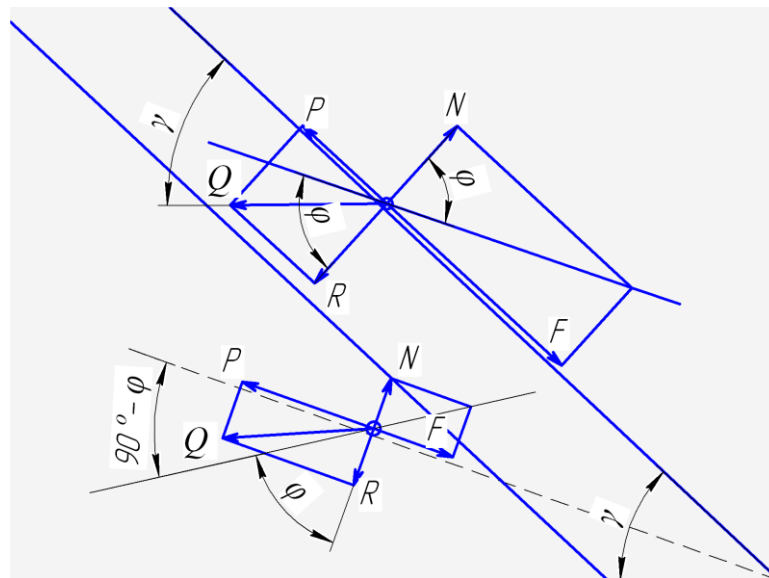


Рисунок 2.7 – Рух шару ґрунту по двом кутам нахилу площини

Складова P сили Q і буде тією силою, яка прагне робити переміщення кореня уздовж леза.

Однак цьому переміщенню буде перешкоджати сила тертя $F = N \tan \varphi$, величина якої залежить від значення кута тертя φ .

Рух буде обумовлений відомим законом механіки, тобто рух тіла під дією активної сили можливо, коли остання проходить поза кутом тертя.

Отже, якщо $\gamma > (90^\circ - \varphi)$, то ковзання бур'янів по лезу неможливо, тому що сила Q буде проходити усередині кута тертя.

Якщо ж $\gamma < (90^\circ - \varphi)$ (на рис. 2.7. зображено пунктиром), то сила опору ґрунту Q пройде поза кутом тертя. Це й забезпечить ковзання коріння по ріжучій крайці, а отже, і перерізання їх. Таким чином, величина кута 2γ розхилу крил, що забезпечує ковзне різання, легко визначиться, якщо буде відомий кут тертя бур'янів про лезу лап.

Зменшення кута 2γ нижче 60° тягне ослаблення міцності крил, тому що створюється необхідність для витримування ширини захвата за рахунок їх подовження. Отже, кут γ може бути від 30 до 45° .

Вибираємо кут, проєкції на повздошно-вертикальну площину тригранного клина $\alpha' \approx 45^\circ$.

Леміш являє собою двогранний, прямий плоский клин, який характеризується кутом підйому α і довжиною l . Вони повинні бути обрані з умови забезпечення руху ґрунту по лемешу з мінімальними витратами енергії. Рух ґрунту по лемешу буде відбуватися, якщо виконується умова:

У процесі руху ґрунтового шару по робочій поверхні він перетерплює значні зміни форми, розміру й фізичних властивостей. Вступ ґрунту на ріжучу частину лемеша, і робочу площину супроводжується місцевими руйнуваннями зв'язку між частками ґрунтового кістяка з наступним переміщенням цих часток в об'єм шару ґрунту, заповнений повітрям або вологою з подальшим ущільненням або зминанням ґрунту. Вищесказане впливає на тяговий опір ґрунтообробного знаряддя.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці займає провідне місце в складній системі всього господарства. Людям, що працюють в даному господарстві, надають належну увагу. Їм надають засоби індивідуального захисту, а при потребі спеціальне харчування.

Кабінет по охороні праці знаходиться в спеціально відведеному приміщенні у ЦРМ. Він обладнаний стендами, плакатами, зразками індивідуальних засобів захисту і технічних засобів пожежегасіння. В ньому проводиться ввідний інструктаж по ТБ, курсові навчання. Відповідальність за стан охорони праці в господарстві несе керівник правління. Разом з профспілковим комітетом він розроблює план заходів по охороні праці і забезпечує його виконання. Він систематично перевіряє стан робочих місць і щорічно показує звіт по травматизму в комісію по сільському господарству при держадміністрації району.

В господарстві по штатному порядку є посада інженера по охороні праці. Затверджений на неї спеціаліст із вищою освітою. Стаж роботи на посаді 10 років. Він підлеглий безпосередньо керівникові господарства.

Інженер по охороні праці веде облік травматизму, вивчає причини нещасних випадків, проводить ввідний інструктаж. Також приймає активну участь в розробці плану заходів по охороні праці і контролює його виконання.

Головні спеціалісти господарства контролюють стан охорони праці на всіх об'єктах і приймають міри по ліквідації існуючих недоліків. Керівники підрозділів проводять інструктаж на робочих місцях, слідкують за станом механізмів і машин, контролюють наявність і справність пожежегасіння, не допускають до роботи осіб, що не пройшли інструктаж по охороні праці. В господарстві діє колективний договір, який включає в себе угоду по охороні праці.

В господарстві є спеціальна пожежно-строжева охорона – ПСО. В охорону входить п'ять чоловік, також є спеціальна пожежна машина на базі автомобіля ГАЗ-53, яка обладнана всіма засобами пожежегасіння. Місця заправки машин – водонапірні башти. Відповідальний за проти пожежну безпеку інженер по охороні праці. Всі важливі будівлі обладнано пожежною сигналізацією та блискавкозахистом, щитами з первинними засобами пожежегасіння: лопатами, ящиками з піском, вогнегасниками та ін. підчас зберігання врожаю зернових обладнують іскрогасниками, лопатами і вогнегасниками всі сільськогосподарські машини.

Відповідальним по охороні праці у бригадній майстерні господарства – головний інженер - механік. Навчання по охороні праці проводиться в спеціально обладнаному кабінеті бригадної майстерні. Проводиться постійний контроль і нагляд за станом охорони праці.

На кожному робочому місці є інструкція по ТБ, аптечка першої допомоги, знаки безпеки. Регулярно проводяться навчання робітників по наданню першої допомоги, в тому числі вміння провести зовнішній масаж серця, штучне дихання “з рота в рот” при зупинці серця і дихання. Кожний робітник майстерні забезпечується одягом, взуттям та індивідуальними засобами захисту відповідно від виду робіт: респіраторами, окулярами, діелектричними захисними засобами.

Майстерні постійно виконують вимоги техніки безпеки при експлуатації, ремонті обладнання. Електричні установки обгородженні суцільними або сітчастими захисними огорожами, які відгороджують струмоведучі частини. Від струмоведучих частин до огорож відстань відповідно: сітчастих – 100 мм, для суцільних – 50 мм. Всі електричні установки майстерні заземленні або зануренні.

Для захисту будівлі від прямого удару блискавки застосовують систему блискавкозахисту. Заземлюючий пристрій горизонтальний і комбінований. Верхні кінці стержнів заглиблено на 0,6- 0,7 м у землю.

Система вентиляції в майстерні притоково-витяжна. Система освітлення комбінована. Опалення місцеве – електрокаміни.

При виконанні робіт по вирощуванню кукурудзи на людину діють шкідливі фактори. Це пил, шум, вібрація, шкідливі речовини.

Більшість робіт по вирощуванні кукурудзи проводиться за допомогою машин. Їх кабінки мають визначений захист від більшості шкідливих факторів, однак потрібно слідкувати за справністю амортизаційних підвісок кабін і сидінь, глушників, фільтрів. Потрібно, при русі агрегату поперек борозни уникати швидкості 12,5 км/год., так як при ній коливання рами трактора співпадає з коливаннями (власними) внутрішніх органів людини і при цьому проходить резонанс або подвоєння коливання.

При високій температурі навколишнього середовища обробіток посівів гербіцидами (пестицидами) переносимо на вечірній час.

При роботі з шкідливими речовинами, до них відносяться всі пестициди, деякі види мінеральних добрив, ПММ необхідно періодично визначати концентрацію шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Ця концентрація не повинна перевищувати гранично допустиму, визначену ГОСТ 12.1.005–76, таблиця 3.1.

Таблиця 3.1

ПДК деяких речовин в повітрі робочої зони

Найменування речовини	ПДК	Клас небезпеки
Аміак	20	4
Ацетон	200	4
Бензин паливний	100	4
Гексахлоран	0,1	1
Кислота сірчана	1,0	2
Ртуть металева	0,01	1
хлор	1,0	2

За агрегатом закріплюється вогнегасник типу ОП – 5, штикова лопата, брезент, іскрогасник.

Відповідальна особа по безпеці праці у полі-бригадир, на агрегаті – механізатор.

Всі робітники, що працюють в полі мають не менше, як 18 років, всі пройшли медогляд, прослухали ввідний інструктаж по техніці безпеки перед початком польових робіт.

Робітники, які мають справу з ґрунтообробними машинами, забезпеченні також чистиками та лопатами для очищення робочих органів. Очищати робочі органи дозволяється тільки при зупиненому тракторі (агрегаті).

При підготовці агрегату до роботи, його наладці і регулюванні, потрібно користуватися справним інструментом на машинах потрібно, щоб були вказані зони небезпеки і в безпечних місцях захисні огороження.

При регулюванні і наладці сільськогосподарських машин, які знаходяться в піднятому стані гідросистемою трактора, підставляють опори чи підставки.

При виконанні культивуції на сільськогосподарських машинах виявлено ряд виробничих небезпек, які наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Основні виробничі небезпеки

Процес операція	Посів	Догляд	Збирання
Підготовка агрегату	Користування несправним інструментом. Проведення ТО при працюючому двигуні. Машина поставлена на випадкових підставках.		
Робота агрегату	Захламленість в кабіні трактора. Немає сигналізуючих пристроїв.		
		Немає індивідуальних засобів захисту	
Технологічні зупинки	Немає спеціальних заходів для очистки робочих органів, огорожень на механізмах, які обертаються. Не виключенні гальма при роботі на горбах. Важелі гідросистеми не в нейтральному положенні.		
Обслуговування	Наладка гідросистеми при піднятій сільськогосподарській машині. Немає підставки під колесами і не виключені гальма. Постановка машини на домкрати чи підставки.		

Виходячи з характеру виконуючої роботи і її тривалості, рівні шкідливих виробничих факторів, кількості зайнятих в даних умовах робочих, їх росту, визначимо вид необхідних засобів індивідуального захисту.

Підбираємо спецодяг для працівників. Чоловічий спецодяг випускається розмірами по росту (см): 158 – 164, 170 – 176, 182 – 188; по обхвату грудей (см): 88, 92, 95, 100, 104, 108, 112, 116, 120, 124. Кожен розмір спецодягу відповідає визначеному інтервалу розмірів фігури людини (2, Б, С. 146).

Також, як 2 допоміжні робітники працюють на полі на підживленні і мають справу з хімічною речовиною, зокрема аміачною водою, їм потрібні засоби індивідуального захисту органів дихання.

Розраховуємо і підбираємо річну потребу ЗІЗ для 2 робітників, зайнятих на підживленні рослин протягом 28 год. середня концентрація парів аміаку в робочій зоні – 25 мг/м³.

По ГОСТ 12.1.005 – 76 знаходимо, що ПДК аміаку в повітрі робочої зони 20 мг/м³. На основі цього по додатку вибираємо для захисту органів дихання працюючих респіратор У – 2К, забезпечує захист в границях до 50 мг/м³. Знаходимо, що граничний строк служби респіратора У- 2К – 16 год. З врахуванням цього визначаємо необхідну кількість респіраторів для кожного

працюючого по формулі:

$$\Pi = P \cdot \frac{T_p}{T_n},$$

де Π – необхідна кількість типорозміру ЗІЗ;

P – чисельність працюючих, чел.;

T_p – час роботи в даному ЗІЗ, год.;

T_n – нормативний строк експлуатації даного ЗІЗ, год.

$$\Pi = 2 \cdot \frac{28}{16} = 3,5 \approx 4 \text{ штуки}$$

Так, як по підрахунках, на час, що працівники затратили на роботу, кожному потрібно по 2 респіратори У – 2К з відповідними розмірами.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПОХИЛОГО РОЗПУШУВАЧА

4.1. Умови застосування розробленої конструкції розпушувача з похилими робочими органами для безвідвальної обробки ґрунту

Для обґрунтування конструктивних параметрів похилого розпушувача для безвідвальної обробки ґрунту нам треба було досліджувати такі параметри:

- тяговий опір, що доводиться на один робочий орган;
- залежність тягового опору від швидкості, глибини й кута нахилу робочого органа;
- якість розпушування ґрунту похилим розпушувачем;
- кількість брил, що залишаються на полі після обробки розпушувачем;
- кількість стерні, що залишається після обробки розпушувачем.

Тяговий опір одного робочого органа при нахилі його в повздошно-вертикальній площині - 42° , у поперечно-вертикальній площині - 53° , глибині обробки – 0,30 м, швидкості обробки – 0,3 м/с, склало 4681 Н. Тяговий опір розпушувача залежно від глибини й швидкості показує енергетичні витрати при обробці ґрунту.

4.1.1. Методика інженерного проектування

Основним елементом похилого розпушувача, є похила стійка з лемешем і долото. У загальному випадку стійка з лемешем і долото працюють як двогранні клини.

Технологічний процес роботи безвідвального робочого органа похилого типу полягає в тому, що долото, рухаючись у ґрунті, деформує його, попереду долота утворюється ущільнена зона. Після проходження долотом деякої відстані напруга, що виникає в ущільненій зоні, досягає межі, при якій частина ґрунту втрачає стійкість, це приводить до відділення шару під деяким кутом до горизонту й ліквідації ущільненої зони. При подальшому переміщенні шару ґрунту похила стійка з лемешем робить косий зріз частково розпушеного шару, далі, внаслідок пористості ґрунту й дисперсної будови в ньому під дією навантаження відбувається руйнування структурних зв'язків, переміщення часток друг щодо друга, заповнення пор між ними, витиснення води й газів з напруженої зони в ненапружену або менш напружену. Така технологія забезпечує руйнування плужної плити, усуває шкідливе ущільнення ґрунту

важкими машинами, підвищують стійкість ґрунтів до водної й вітрової ерозії, знижують засміченість бур'янистими рослинами.

Під час роботи на робочий орган діє вага шару й сила опору зрушенню шару. Робочий орган не має польової дошки й для того, щоб зрівноважити бічні сили під час розпушування, застосували трикутну раму, розставивши робочі органи із двох сторін. Для поліпшення якості обробки два останні робочі органи, правобічний і лівосторонній, перекривають один одного, тому конструкція рами запропонована асиметрична (рис. 4.1., а, б).

Пропонована конструкція рами зварена із трьох балок. До поперечної кріпляться кронштейни для з'єднання з навіскою трактора.

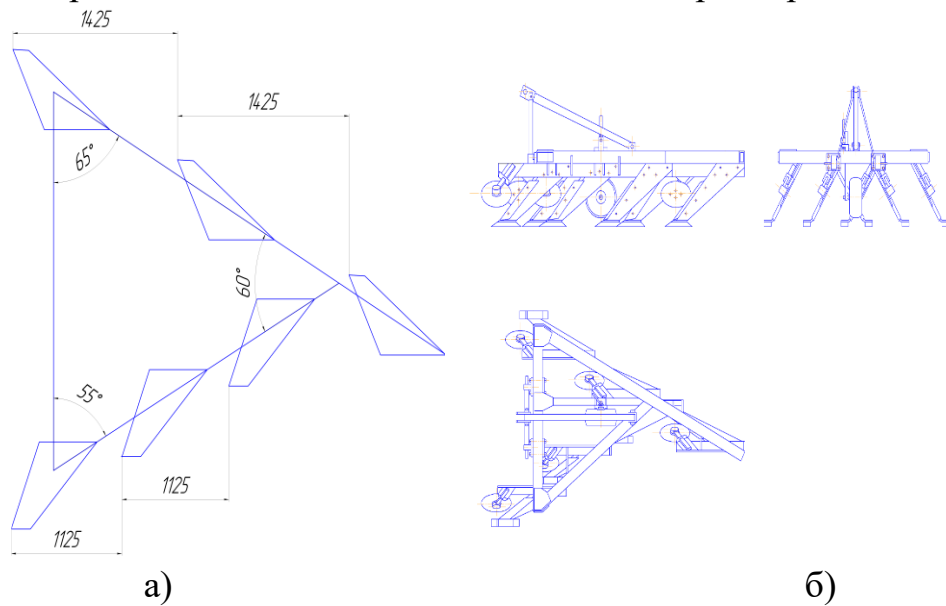


Рисунок 4.1 – Похилий розпушувач: а) схема розміщення робочих органів на рамі; б) конструкція похилого розпушувача

Також до неї із двох сторін приварені балки для кріплення правобічних і лівосторонніх робочих органів. З лівої сторони рами кут поперечної з бічною балкою становить 55° . На лівій балці стійки робочого органа кріпляться на відстані 1125 мм. Із правої сторони кут між балками становить 65° . На правій балці правобічні робочі органи розставлено на відстані 1425 мм. По центру рами приварена балка. Із задньої сторони її кріпиться центральна тяга, конструктивно вона проходить через геометричну вісь асиметричної рами, по центру балки кріпиться опорне колесо з регулювальним гвинтом.

5.2. Розрахунки техніко-економічної ефективності застосування похилого розпушувача

Метою економічного розрахунків є визначення економічної ефективності застосування у виробництві похилого розпушувача.

Вихідні дані для розрахунків дано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Характеристики базової й нової моделі

№	Показники	Одиниці виміру	Базова машина ПЧ-2,5	Нова машина (ЧНГ-2,5)
1	Базовий трактор	-	Т-150 ДО	Т-150 ДО
2	Тягове зусилля	кН	30	30
3	Потужність двигуна	л.с. (кВт)	165 (121,3)	165 (121,3)
4	Питома витрата палива	г/л.с.год	185	185
5	Конструкція глибокорозпушувача	-	5 раб. орг.	6 раб. орг.
6	Вага глибокорозпушувача	кг	1245	1080
7	Глибина обробки	м	0,3	0,3
8	Ширина захвата знаряддя	м	2,5	2,5
9	Робоча швидкість руху	м/з	2,5	3,6

Економічна ефективність від впровадження нової техніки оцінюється за допомогою річного економічного ефекту й строку окупності додаткових капіталовкладень.

Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності нового плуга чизельного наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

**Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності нового
чизельного плуга**

Показники	Позначення	Одиниця виміру	Значення	
			ПЧ-2,5	Новий
1. Маса	M	кг	1245	1080
2. Оптова ціна: - трактора Т-150 ДО - плуга	$C_{тр}$ C_m	грн. грн.	240000 11000	240000 9540
3. Середньорічне завантаження: - трактора - плуга	$T_{тр}$ T_m	ч ч	1800 200	1800 200
4. Продуктивність	Q	га/год	2	2,75
5. Робоча швидкість	v_p	км/год	8	11
6. Витрата палива	$q_{гсм}$	кг/год	12,3	11,2
7. Норма відрахувань: а) на амортизацію - трактора - плуга б) на технічне обслуговування й ремонт: - трактора - плуга	α	% %	15,0 12,5	15,0 12,5
		% %	9,9 10,0	9,9 10,0
8. Коефіцієнт перекладу оптової ціни в балансову	-	-	1,1	1,1
9. Обслуговуючий персонал	$\sum L$	чіл	1	1
10. Річний наробіток плуга чизельного	B_z	га/рік	400	550
11. Годинна ставка оплати тракториста	τ	грн.	27	27

Отримані вище результати, а також основні техніко-економічні показники для базового й нового чизельного плуга використані в якості вихідних даних для розрахунків річного економічного ефекту й строку окупності додаткових капіталовкладень. Результати розрахунків річного економічного ефекту представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Результати розрахунків річного економічного ефекту

Показники	Позначення	Одиниця виміру	Значення	
			ПЧ-2,5	Новий
1. Прямі витрати, у тому числі:	$I = 3 + \Xi + P + A$	грн/га	99,9	68
- відрахування на амортизацію	$A = \frac{B_m \cdot 1,1 \cdot \alpha}{Q \cdot T_r \cdot 100\%} + \frac{B_{mp} \cdot 1,1 \cdot \alpha \cdot T_m}{Q \cdot T_r \cdot 100\%}$	грн/га	14,6	10,3
- відрахування на ремонт і тех. обслуговування.	$P = \frac{B_m \cdot 1,1 \cdot \alpha}{Q \cdot T_r \cdot 100\%} + \frac{B_{mp} \cdot 1,1 \cdot T_m \cdot \alpha}{Q \cdot T_r \cdot 100\%}$	грн/га	10,3	7,2
- вартість енергоресурсів	$\Xi = q_{\text{зсм}} \cdot C_{\text{зсм}} / Q$	грн/га	61,5	40,7
- витрати на оплату праці тракториста	$3 = \frac{\sum L \cdot \tau}{Q}$	грн/га	13,5	9,8
2. Питомі капіталовкладення	$K = \frac{B}{Q \cdot T_r}$	грн/га	27,5	17,3
3. Наведені витрати	$\Pi = I + E \cdot K$	грн/га	127,4	85,3
4. Річний економічний ефект	$\Xi_z = B_z \cdot (\Pi_6 - \Pi_n)$	грн	-	23155
5. Строк окупності капіталовкладень	$T_{\text{окуп}} = \frac{K_n}{\Xi_z}$	років	-	0,41

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі зроблено теоретичне узагальнення й запропоновано новий розв'язок наукового завдання підвищення якості й зниження енергоємності при обробці ґрунту шляхом обґрунтування параметрів похилого робочого органа розпушувача.

1. На основі аналізу технологій і конструкцій ґрунтообробних машин для безвідвальної обробки ґрунту встановлено, що для якісного розпушування ґрунту під просапні культури на полях підданих водній й вітровій ерозії, робочі органи знарядь повинні забезпечувати розпушування без обороту шару. Одним з перспективних напрямків розв'язків поставленого завдання є використання розпушувачів з похилими робочими органами.

2. Установлено, що для забезпечення мінімальних енергетичних витрат під час процесу розпушування кут нахилу стійки в повздошно-вертикальній площині α' і поперечно-вертикальній - β' становить: $\alpha' = 42^\circ$, $\beta' = 53^\circ$. При цьому кут різання шару ґрунту лемешем $\mu = 44^\circ$.

3. Необхідна якість розпушування ґрунту забезпечується установкою кута кришення лемеша $\varepsilon' = 37^\circ$, це закладено в конструкцію розпушувача.

4. Зміна робочої швидкості руху розпушувача від 1,4 до 3,6 м/с і глибини обробки від 0,20 до 0,40 м приводить до збільшення тягового опору від 1300 до 4271 Н.

5. Проведені експериментальні дослідження показали, що на чорноземному полі вологістю 16%, твердістю 32 кг/м², при зміні глибини обробки від 0,20 до 0,40 м, швидкості руху від 1,4 до 3,6 м/с тяговий опір змінюється від 1,3 до 4,7 кН. При цьому коефіцієнт k кришення ґрунту змінювався в межах від 1,13 до 1,40.

6. За результатами теоретичних і експериментальних досліджень розроблено методику проектування розпушувача для безвідвальної обробки ґрунту з похилими робочими органами.

7. На полі після обробки розпушувачем грудкуватість перебувала в межах 17,32 – 22,7%, щільність 0,9 – 1,1 к/см³, кількість стерні на полі залишалася в межах 125-145 шт/м², при цьому витрати праці скоротилися на 26%, витрати пального на 9%. Річний економічний ефект від використання розробленого розпушувача склав 23155 гр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Фурсова Г.К. Соняшник: систематика, морфологія, біологія / Фурсова Г.К. // Навчальний посібник. - Харків, 1997.
- 2 Боярский П.М. Грунти Донбасу і заходи підвищення їх родючості / Боярский П.М. // Навчальний посібник для студентів агрономічного факультету сільськогосподарського інституту. - Київ-Луганськ, 1993.
- 3 Нетрадиційна смугова ґрунтозахисна енергозберігаюча технологія вирощування кукурудзи і соняшника: Звіт про НДР (проміжний). / ЛДАУ. - №ДР 0199V003720. – Луганськ, 2001. – 20с.
- 4 ОАО «Галещина, машзавод» <http://www.galmash.com> .
- 5 ЗАО «АЛМАЗ» <http://www.walmaztd.ru>
- 6 Заїка М.П. Теорія сільськогосподарських машин Машини та знаряддя для обробітку ґрунту / Заїка М.П. // - Харків: ОКО, 2001.
- 7 Бабицкий А.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин / Бабицкий А.Ф. // - Київ: Урожай, 1998.
- 8 Козаченко О.В. Проблеми ресурсозбереження у сільськогосподарських агрегатах / Козаченко О.В. // - Харків: Торнадо, 2008. - с. 270.
- 9 Могильный А.Я. Опір сил тертя робочих поверхонь плугів і культиваторів при змінних швидкостях / Могильный А.Я. // Українська Академія с/х наук. Наукові праці. Вип. IV. 1960. - 181 с.
- 10 Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Царенко О. М., ВойтюкД. Г., Швайко В. М. та ін.; за ред. С. С. Яцуна // підручник для студ. вищ. навч. закл. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
- 11 Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку / В. Марченко // Зб. наук. праць НАУ. – К., 2003. – Т. XIV. – С. 189-194.
- 12 Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування // ДСТУ 4397:2005 Видання офіційне Держстандарт України Київ 2005.